

Gramofonová technika byla dlouho monopolním zdrojem reprodukované hudby a její postavení bylo ohroženo teprve tehdy, když se na trhu objevil první magnetofon. Od té doby vzplál boj o přízeň posluchačů mezi gramofonovou deskou a magnetofonovým páskem. Magnetofonová technika prošla rychlým procesem zdokonalování a dosáhla brzy takového rozvoje, že mnozí odborníci začali gramofonům předpovídat nejen soumrak jejich slávy a obliby, ale dokonce i úplný zánik. Skutečnost však dokazuje, že tyto prognózy byly liché a že gramofonová technika nehodlá své magnetofonové sestře tak snadno vyklidit pole. Dokla-

jaký jim zatím magnetofon sotva může nabídnout. Proto jich většina dává přednost gramofonové desce a proto se také i u nás projevuje stále větší a větší poptávka po kvalitních gramofonových šasi. Objevily se již velmi kvalitní přístroje (zásluhou Tesly Litovel), platí zde ovšem přímá úměrnost mezi kvalitou a cenou a to je hlavní kámen úrazu pro ty, kteří mají víc nadšení pro poslech kvalitní reprodukce hudby než finančních prostředků. A právě těm přichází na pomoc toto číslo Radiového konstruktéra, v němž kromě všeho, co by měl znát každý majitel dobrého gramofonového přístroje, najdete i podrobný popis stavby

DESKA *kontra* pásek

dem toho je fakt, že např. v NSR se v roce 1968 prodalo ve srovnání s rokem 1967 o 20 % gramofonových desek více!

V čem je asi příčina? Především jistě v tom, že ani vývoj gramofonové techniky se nezastavil. Nové přenoskové vložky vykazují kvalitu na hranicích dokonalosti, dlouhohrající desky a automatické měniče desek zjednodušují obsluhu gramofonových přístrojů, která byla donedávna považována za jednu z jejich největších nevýhod. Rozhodující však zřejmě je, že ani sebelepší amatérská nahrávka na magnetofonový pásek se nevyrovná profesionálnímu záznamu na gramofonové desce. Reprodukce takové desky na kvalitním gramofonu poskytuje milovníkům věrné reprodukce počitek,

kvalitního gramofonového šasi, které uspokojí i nejnáročnějšího příznivce Hi-Fi. Nemí snad třeba zdůrazňovat, že stavba gramofonového šasi je převážně záležitostí mechanickou, navíc naprosto ne snadnou. Přesnost, pečlivost a trpělivost jsou tři základní vlastnosti, bez nichž je lépe se do práce vůbec nepouštět. Protože však máme zkušenosti, že naši radioamatéři právě těmito vlastnostmi oplývají v dostatečné míře, věříme, že se vám práce bude dařit a že budete patřit k těm, kdo mohou mít z poslechu kvalitní reprodukce desek dvojnásobný požitek: ze samotného poslechu a z vědomí, že si jej opatřili vlastní prací a s vynaložením minimálních finančních prostředků.

Tak tedy – mnoho zdaru a ať se vám dílo podaří!



Gramofonové

přístroje



Ing. Jiří Krátký, Václav Vortel

Trh spotřebního zboží charakterizuje v současné době stále rostoucí zájem o hodnotnější a kvalitnější výrobky. Projevuje se to také u většiny elektrospotřebičů a zvláště u elektroakustických přístrojů a zařízení. Z těchto důvodů se ve většině vyspělých států objevují na trhu elektroakustické přístroje vysoké kvality s dokonalou povrchovou úpravou. Poslední typy gramofonových přístrojů vysoké kvality, mezinárodně označované Hi-Fi (High Fidelity – vysoká věrnost), které se objevily na evropském trhu (Braun PS1000, Dual 1019, PE2020), mají po všech stránkách špičkovou úroveň. Značné rozměry a váha těchto přístrojů souvisí s vysokými technickými a jakostními parametry, jaké byly v nedávné minulosti vyhrazeny jen profesionálním přístrojům. Výjimku tvoří typy přenosných a běžných komerčních přístrojů,

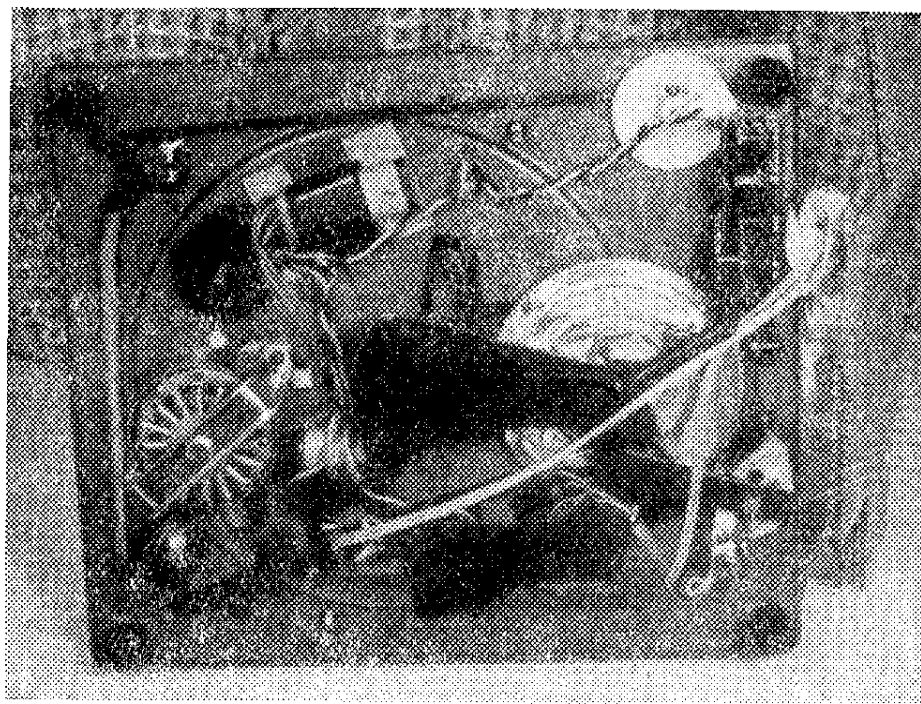
ktelé však nedosahují vysoké reprodukční kvality.

Poptávka po gramofonových přístrojích s lepšími parametry se projevuje i na našem trhu. Ani při poměrně vysokých cenách není však přístrojů Hi-Fi na našem trhu dostatek. Zájem o tyto přístroje vede často fanoušky kvalitní reprodukované hudby ke konstrukci vlastních amatérských zařízení, málokdo z nich však dosáhl žádaných výsledků. Proto chceme seznámit čtenáře RK se základní problematikou mechanického záznamu a jeho reprodukce, s principy vysoce kvalitního gramofonového přístroje jednoduché konstrukce, která umožňuje zájemcům s nepříliš velkými výrobními možnostmi amatérskou stavbu takového přístroje nebo úpravu a zdokonalení přístrojů již postavených.



Obr. 1. Automat
Elac Miraphon
50H

Obr. 2. Mechanismus automatu Elac Miraphon 50H



Gramofonovým přístrojem rozumíme gramofonové šasi vestavěné do skříňky, kufříku nebo jiného celku, popřípadě doplněné dalším elektroakustickým zařízením (včetně zesilovačů a reproduktorových soustav).

Gramofonové šasi se skládá ze základní desky (panelu) s pohonným a ovládacím ústrojím a z gramofonové přenosky se snímacím systémem. Je určeno k přehrávání gramofonových desek se širokou (78 ot./min.) nebo úzkou (45, 33, 16 ot./min.), popřípadě stereofonní drážkou. Desky mají průměry 17, 25 a 30 cm. Jmenovité otáčky (78, 45, 33, 16 ot./min.) pro nahrávání a přehrávání desek jsou mezinárodně doporučené a uznávané. Skutečné otáčky stanovené s přihlédnutím k možnosti stroboskopické kontroly otáček jsou 77,92; 45,11; 33 1/3 a 16 2/3. Jmenovité otáčky 78 ot./min. jsou neperspektivní (dnes se prakticky nepoužívají) a rychlost 16 ot./min. je vhodná jen k významu a reprodukci mluveného slova.



Rozdělení gramofonů

Protože existuje mnoho druhů gramofonových přístrojů, které se liší konstrukčním uspořádáním a především kvalitou, rozdělíme si je nejdříve podle těchto hledisek.

Podle konstrukčního uspořádání

Šasi může být konstrukčně řešeno jako:

a) *automat* (obr. 1), kde jsou automatizovány nejméně tři základní funkce, např. automatické vyhledávání průměru desky, nasazení přenosky a koncové vypínání a vrácení přenosky. K přehrávání desky stačí položit desku na gramofonový talíř, zvolit příslušné otáčky a zapnout přístroj knoflíkem nebo tlačítkem. Převodem z talíře je ovládán mechanismus automatu (obr. 2), který uvede do pohybu raménko přenosky. To zjistí velikost desky, kterou má přehrávat, a automaticky nasadí hrot přenoskové vložky do náběhové drážky. Po přehrávání nahrávky se vypne pohonné ústrojí a raménko se automaticky vrátí na stojánek přenosky, který slouží k odložení, popřípadě zajištění raménka.

b) *měníč* (obr. 3); je to automat, který samočinně přehrává několik desek (obvykle deset). Desky jsou uloženy na pro-



Obr. 3. Měníč Dual
1019

dlužovacím hřídeli nebo na adaptoru pro přehrávání desek s velkým středním otvorem. Univerzální měnič umožňuje postupné přehrávání desek bez ohledu na jejich velikost. Desky zajišťuje ve vodorovné poloze srovnávací raménko, které má obvykle funkci vypínače po přehrávání poslední desky. Otáčky je třeba zařadit podle hrané desky. Měníč může mít ještě další funkce, např. možnost opakování přehrané desky, zastavení přístroje po dohrání libovolné desky, přehrávání jednotlivých desek zvoleného průměru. Vnitřní mechanismus měniče je na obr. 4.

c) *přístroj, u něhož se všechny funkce ovládají ručně* (někdy kromě koncového vypínání pohonného ústrojí, popřípadě zvednutí přenosky).

Tato šasi jsou konstrukčně a výrobně nejjednodušší.

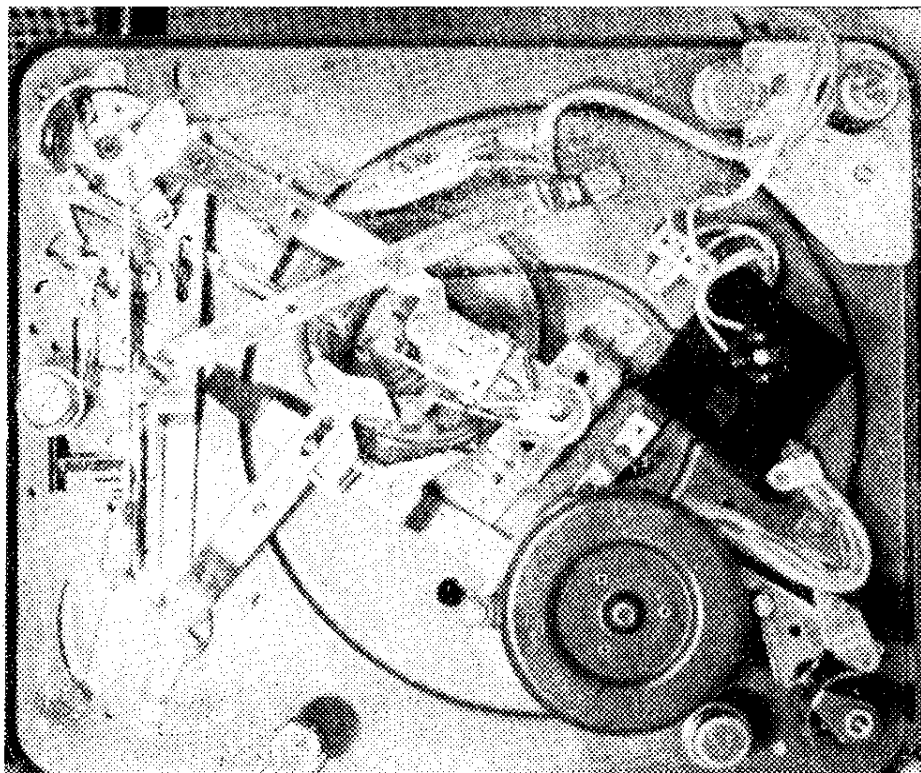
Gramofonové přístroje z produkce Tesly Litovel jsou označovány podle tohoto klíče: samostatná gramofonová šasi jsou značena H, polokufřík (šasi a kryt z organického skla) N, kufřík a šasi G, měnič M. Další písmena vyjadřují bližší údaj o přístroji: B – bateriový monofonní, S – bateriový stereofonní, Z – se zesilovačem, C – stereofonní. Z těchto znaků vznikají např. kombinace H, HC, N, NC, G, GC, GZC, NZC, které s dalším číselným označením určují typ.

Kromě těchto druhů gramofonových přístrojů existují ještě další výrobky, např. hrací automaty nebo mluvící hračky pro děti, v nichž je aplikován princip mechanického záznamu zvuku. Mluvící hračky obsahují desku, na níž jsou začátky hloubkového záznamu rozděleny po vnějším obvodu. Každá drážka obsahuje krátkou informaci, která se volí natočením desky (automaticky nebo ručně). Rovnoměrného otáčení se dosahuje spirálovou pružinou a odstředivým regulátorem. Záznam je snímán hrotem a přenáší se na vyzařovací membránu z plastické hmoty.

Podle druhu napájení se rozdělují gramofonové přístroje na síťové a bateriové.

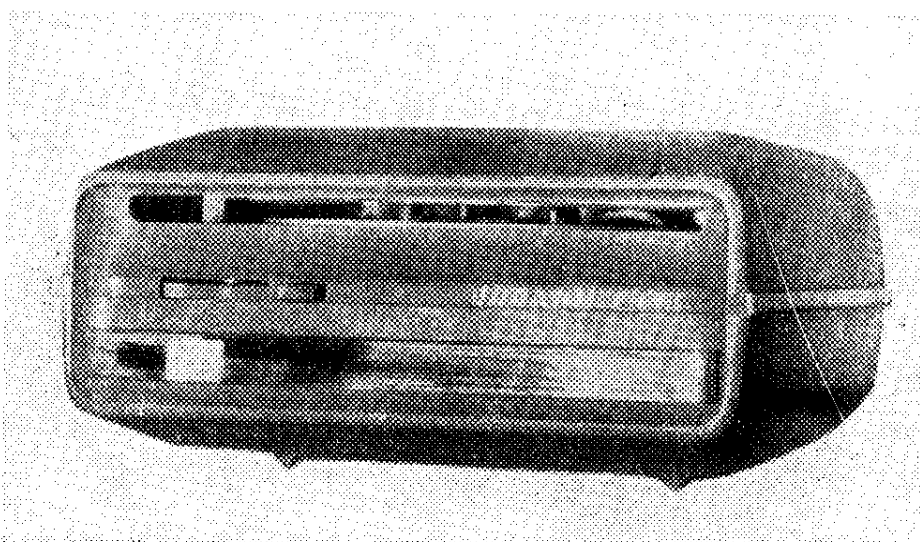
Síťové obsahují gramofonové šasi (popřípadě zesilovač) napájené střídavým napětím 220 V nebo 120 V, 50 Hz. Jsou obvykle určeny k provozu na jednom místě, i když jsou často řešeny jako přenosné. V poslední době převládají komerční přístroje se zesilovačem a reprodukčními skřínkami. Zesilovače se osazují tranzistory. K ekonomicky výhodnějšímu provozu, delší životnosti a menším rozměrům přistupují při použití tranzistorů i další výhody, především kvalitnější přenos, při použití moderních křemíkových tranzistorů i lepší šumové vlastnosti.

Obr. 4. Mechanismus měniče Dual 1019



Bateriové gramofonové přístroje obsahují šasi, jednoduchý zesilovač a reproduktor. Jako zdroj mají vestavěné baterie, které umožňují použít přístroj kdekoli; jsou tedy přenosné. Konstrukce těchto přístrojů vyžaduje dokonalou elektronickou regulaci otáček stejnosměrného motorku, aby při reprodukci nedocházelo k velkému kolísání výšky tónů. Regulátor je obvykle osazen tranzistory, stejně jako zesilovač. Napájecí napětí je nejčastěji 9 V nebo 12 V (pro použití

v automobilu). Slouží-li jako zdroj niklo-kadmiové akumulátory, bývá dalším příslušenstvím síťový napáječ, který plní funkci nabíječe. Bateriové přístroje jsou často konstruovány pro jeden typ desky (průměr 17 cm, 45 ot./min.) – obr. 5. Do kazety stačí vložit příslušnou desku, kterou přístroj po přehrání vysune, takže ji můžeme vyměnit. Přehrávání lze přerušit stlačením tlačítka. Bateriové gramofonové přístroje jsou obvykle monofonní.



Obr. 5. Bateriový gramofonový přístroj Iradiette

Podle kvality

Pro gramofonové šasi jsou podstatné tyto ukazatele kvality:

- a) jakost použité přenosky,
- b) odchylka od skutečných otáček,
- c) kolísání otáček talíře,
- d) odstup rušivého signálu.

Podle těchto ukazatelů se šasi rozdělují do několika skupin:

- a) profesionální – do této skupiny patří přístroje používané ve studiích;
- b) poloprofesionální – zahrnují velmi kvalitní přístroje, v zahraničí označované Hi-Fi (splňují požadavky západoněmecké normy DIN 45 500, list 3);
- c) šasi dobré kvality, která posluchačům zaručují dobré elektroakustické vlastnosti;
- d) běžná šasi pro posluchače, kteří nemají vyhraněné nároky na jakost reprodukce a přihlížejí zvláště k přístupné ceně.

Pojmy a názvosloví

Na závěr úvodní části by bylo na místě zmínit se o některých pojmech z gramofonové techniky. Často jsou totiž používány jiné názvy, které nepřispívají k jednoznačnosti technického vyjadřování. Proto uvádíme popis komerčního šasi s příslušnými pojmy.

Základem pohonného ústrojí je gramofonový motorek. Je to jednoúčelový motorek, který vyhovuje specifickým požadavkům gramofonových šasi. Na hřídeli motorku je několikastupňová kladka, která umožňuje změnu počtu otáček. Převod z kladky motorku na gramofonový talíř se uskutečňuje frikci mezikolem s pryžovým obložením. Na talíři je tlumicí podložka, na kterou se pokládá deska při přehrávání. Čep, který přesahuje rovinu talíře a slouží k nasazení desky, se jmenuje střední čep talíře.

Redukční vložkou rozumíme vložku pro nasazování desek s větším středním otvorem. K pohonnému ústrojí patří i mechanismus řazení, který umožňuje volbu počtu otáček desky. Zastavovač je zařízení, které po přehrávání vypne moto-

rek nebo zruší styk mezikola s ostatními částmi pohonného ústrojí; zabrání to trvalým deformacím pryžového obložení mezikola. Stojánek slouží k odložení, popřípadě i zajištění gramofonové přenosky. Přenoskou rozumíme zařízení ke snímání mechanického záznamu zvuku a jeho přeměně na elektrický signál. Skládá se z ramene přenosky, snímacího systému, popřípadě ještě korekčních obvodů. Raménko přenosky obsahuje přenoskovou vložku nebo hlavičku.

Vložkou rozumíme vyjímatelnou část se snímacím systémem, zatímco jako hlavičku označujeme odnímatelnou část ramene přenosky s vložkou nebo jen se snímacím systémem. Ve snímacím systému dochází k přeměně mechanického pohybu hrotu jehly na elektrický signál.

Podle způsobu této přeměny rozeznáváme dva snímací systémy:

- a) *výchylkový* – elektrický signál je úměrný výchylce (amplitudě) záznamu;
- b) *rychlostní* – elektrický signál je úměrný rychlosti záznamu.

Držák s jehlou (chvějka) je částí snímacího systému. Hrotem jehly se nazývá ta část jehly, která je ve styku s drážkou. Tvoří ji vhodně zaoblený vrchol jehly. Hrot může být kulovitý nebo elipsovitý.

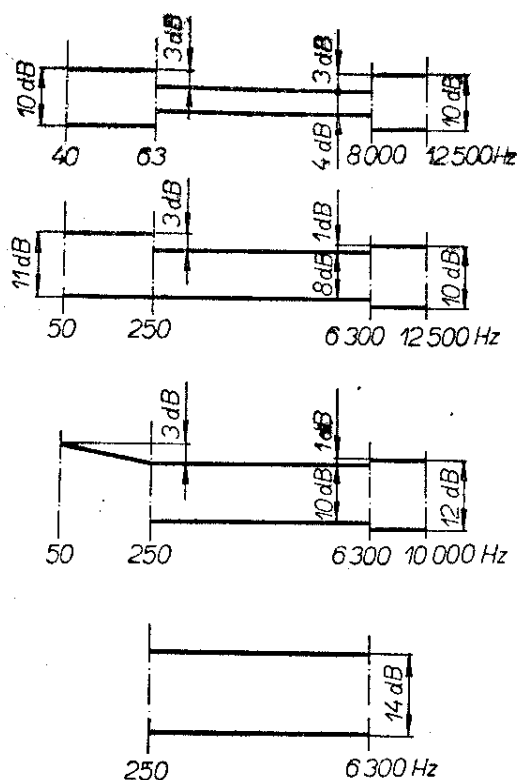
Svislá síla na hrot působí ve směru kolmém k povrchu desky a udržuje hrot jehly ve stálém styku s drážkou.

Gramofony tedy zahrnují velké množství dílů, základem je však gramofonové šasi. Proto budeme věnovat pozornost především šasi a o ostatních částech reprodukčního řetězce (zesilovačích, reproduktorech) si povíme jen z hlediska základních požadavků, které jsou na ně kladeny, a z hlediska jejich návaznosti a přízpůsobení.

Kvalitativní parametry šasi

Kvalitativní parametry lze rozdělit na vlastnosti:

- a) přenosky,
- b) pohonného ústrojí.



Obr. 6. Toleranční pásma kmitočtové charakteristiky přenosek podle ČSN 36 8415

Parametry přenosky

Parametry přenosky jsou z větší části určeny vlastnostmi použité přenoskové vložky. Hodnotí se:

- kmitočtová charakteristika,
- přeslech (u stereofonní),
- citlivost,
- rozdíl citlivosti kanálů,
- vertikální snímací úhel,
- stabilita hrotu v drážce, poddajnost, svislá síla na hrot,
- nelineární zkreslení – nejčastěji intermodulační,
- efektivní hmota vztažená na hrot jehly,
- mechanická impedance.

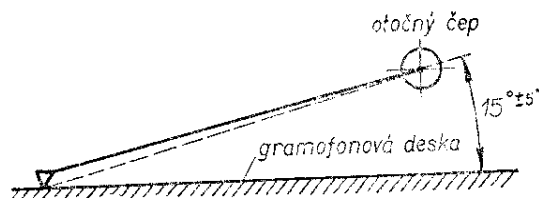
Kmitočtová charakteristika udává závislost výstupního napětí přenosky na kmitočtu a patří mezi základní parametry. Při dodržení jmenovité zatěžovací impedance vložky by měl být průběh v akustickém pásmu co nejvyrovnanější. Kmitočtové pásmo požadované průměrnými posluchači je ohraničeno dolním kmitočtem 50 až 100 Hz a horním kmi-

točtem 12 kHz. Zhodnotit průběhy podle tolerančních pásem čtyř jakostních tříd určených ČSN 36 8415 je možné podle obr. 6. Toleruje se jedno překročení mezí o 3 dB při kmitočtech pod 500 Hz v pásmu užším než jedna třetina oktávy. Kmitočtovou charakteristiku vložky lze objektivně hodnotit jen měřením.

Přeslechem pravého kanálu (značí se v angličtině písmenem R) rozumíme poměr napětí pravého kanálu stereofonní přenoskové vložky při snímání záznamu levého kanálu z měřicí desky k napětí pravého kanálu při snímání záznamu pravého kanálu. Měřicí deska musí mít v obou kanálech zaznamenán signál stejné úrovně. Přeslech se vyhodnocuje v dB na kmitočtech 1 kHz nebo 6,3 kHz. Někteří zahraniční výrobci zaručují u kvalitních přenoskových vložek přeslech v určitém kmitočtovém pásmu, např. 500 až 6 300 Hz. Velikost přeslechu a rozlišení podle norem je přehledně v tab. 1. Přeslech vložky je určující i pro celý reprodukční řetězec a prakticky rozhoduje o tom, jaký bude prostorový vjem stereofonní nahrávky. U stereofonního zesilovače lze dosáhnout menšího přeslechu mnohem snadněji.

Citlivost vložky je dána výstupním napětím na předepsané zatěžovací impedanci při snímání záznamu o kmitočtu 1 kHz s definovanou záznamovou rychlostí, obvykle 1 cm/s. Citlivost vložky je v podstatě určena fyzikálním principem snímacího systému. Největší výstupní napětí dává vložka, jejíž systém pracuje na principu piezoelektrického jevu. Křystalové vložky (Seignettova sůl) dosahují průměrné citlivosti 150 mV, keramické 40 až 100 mV. Rychlostní vložky mají malou citlivost, asi 1 mV při záznamové rychlosti 1 cm/s.

Dalším parametrem je rozdíl citlivosti kanálů. Pro kvalitní stereofonní reprodukční cestu je totiž podstatnou podmínkou co největší shodnost všech částí kanálů. U stereofonních zesilovačů se dá tato shodnost nastavit: horší je to u reproduktorových soustav (lze to však řešit výběrem shodných reproduktorů). U stereofonních vložek lze tuto shodu dodržet shodnými systémy a pečlivou montáží. Požadavky pro jednotlivé třídy



Obr. 7. Vertikální snímací úhel

jsou přehledně v tab. 1. Mnoho výrobců udává poměr výstupních napětí kanálů v pásmu 500 až 6 300 Hz.

Mezinárodně doporučený vertikální snímací úhel je $15^\circ \pm 5^\circ$. Je to úhel, který svírá spojnice bodu dotyku s deskou a bodem otáčení chvějky s rovinou desky (obr. 7).

Všechny vlastnosti, které jsme dosud uvedli, jsou základní. U kvalitních přenosů se udávají ještě některé další.

Otázka stability hrotu v drážce a s ní úzce související dynamická poddajnost snímacího systému a svislá síla na hrot se stala v poslední době snad nejdůležitější vlastností přenosky. Základním požadavkem na přenosku je, aby hrot snímacího systému při snímání záznamu s velkou úrovní sledoval drážku, tj. nevyskakoval z drážky a snímal záznam bez patrného zkreslení. Všechna měření i praktický provoz závisí na správném snímání, tj. na souvislém styku mezi hrotem a stěnou drážky. Není-li tento dotyk zajištěn, dochází k nesprávným výsledkům měření nebo ke zkreslené reprodukci. O tom, jak se bude hrot v drážce chovat, rozhodují snímací schopnosti vložky. Aby bylo možné charakterizovat konstrukci systému z tohoto hlediska, udávala se vychylovací tuhost systému. Čím větší byla síla vynaložená pro určité vychýlení, tím tvrdší byl systém a tím větší musela být svislá síla na hrot. Z konstrukčních důvodů je vychylovací tuhost (síla v pondcích/60 μm) krystalových snímacích systémů větší než třeba elektromagnetických. V poslední době se tyto snímací vlastnosti vyjadřují poddajností (compliance), což je obecně reciproká hodnota tuhosti. Poddajnost se nejčastěji uvádí jako statická. Přepočít z tuhosti je jednoduchý – např.

pro vychýlení 60 μm je třeba síly 2,3 p. Statická poddajnost je

$$\frac{60 \cdot 10^{-4}}{981 \cdot 2,3} = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn},$$

kde 981 je konstanta zemského přetížení pro naši zeměpisnou šířku.

Poddajnost má jednoznačný rozměr $\dots \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$. Statická poddajnost se udává ve směrech, které jsou podstatné při snímání záznamu. Dynamická poddajnost je definována podobně jako statická, vychází však z amplitudy zaznamenaného signálu v oblasti nízkých kmitočtů – obvykle 100 nebo 300 Hz. Tam totiž vzniká největší nebezpečí vyskočení hrotu z drážky; nebezpečí zkresleného snímání je v celém pásmu. Pro výpočet je směrodatný výstupní signál bez znatelné deformace průběhu. Dynamická poddajnost určuje, jak se bude vložka chovat v praktických podmínkách, proto je její velikost při hodnocení technicky zajímavější. Je z pochopitelných důvodů menší než statická poddajnost. Vložky s velkou dynamickou poddajností (přes $25 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$) jsou v kvalitním raménku schopny sledovat běžné záznamové úrovně nahrávek i při svislé síle na hrot asi 0,3 p a extrémní záznamové úrovně při 0,75 p. Opotřebením desky při takové svislé síle je nepatrné. Nejlepší světový výrobce vložek, americká firma Shure, nedávno zavedla k hodnocení snímacích vlastností pojem trackability (snímatelnost). Pro svou nejlepší vložku V-15, typ II, přímo udává, při jaké záznamové rychlosti je vložka schopna sejmout záznam bez zkreslení na určitém kmitočtu a při určité svislé síle na hrot. Pro zákazníky vydala desku s odstupňovanými úrovněmi hudebních nahrávek. Podle této desky se dá sluchově hodnotit snímací schopnost přenosky. Nejnovější pokusy s hodnocením snímacích schopností udávají komplexní hodnocení snímatelnosti v celém kmitočtovém rozsahu pomocí údajů mechanické impedance. Toto vyjádření charakterizuje velmi široce konstrukci snímacího systému pokud jde o poddajnost, mechanický odpor a vliv hmoty hrotu.

Tab. 1. – Kvalitativní parametry gramofonových šasi

	Platná ČSN 36 8401				Hi-Fi norma DIN 45 500 (minimální požadavky)
	Jakostní třída	I.	II.	III.	IV.
Kmitočtová charakteristika přenosky	viz obr. 6.				40 až 63,5 Hz ± 5 dB 63,5 až 8 000 Hz ± 2 dB 8 000 až 12 500 Hz ± 5 dB
Přeslech pro 1 kHz pro 6,3 kHz v rozsahu 500 až 6 300 Hz		-20 -15	-15 -10	-10 -6	- [dB] - [dB]
Citlivost na 1 kHz	min.	20	30	50	50 [mV]
Rozdíl citlivosti kanálů	max.	2	3	3	- [dB]
Svislá síla na hrot		3	5	7	12 [p]
Odchylka otáček		$\pm 0,75$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	± 2 [%]
Kolísání otáček		$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$ [%]
Odstup		-40	-34	-28	-22 [dB]
Dynamická poddajnost		-			
Intermodulační zkreslení		-			
					min. $4 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn max. 1 %

Při hodnocení stability hrotu v drážce se tedy projevuje několik vlivů, z nichž nejpodstatnější je právě poddajnost (popřípadě křivky mechanické impedance), s ní úzce souvisící svislá síla na hrot, efektivní hmota na hrot a použité raménko. Nelze zmenšit svislou sílu na hrot bez zvětšení poddajnosti, zmenšení hmoty raménka a zlepšení jeho uložení. Použití malé svislé síly vyžaduje konstrukci raménka s ohledem na použitou vložku.

Žádné elektroakustické zařízení nepřenáší signál zcela věrně. Přenoska by měla snímat s minimálním zkreslením záznam z desky v celém kmitočtovém pásmu a při běžně se vyskytujících záznamových úrovních. Zkreslení vznikající při snímání mechanického záznamu způsobuje nedokonalost a nelineárnost snímacího systému. Nelineární závislost výstupního napětí přenosky se dá vyjádřit jako:

a) harmonické zkreslení,

b) intermodulační zkreslení,

a to buďto jako celkové, nebo určitého řádu.

Podrobným rozbořem příčin celkového harmonického zkreslení se dá zjistit, že se bude převážně projevovat vliv druhé, méně třetí harmonické.

Vyšší harmonické tóny nepůsobí v reprodukci tak rušivě jako intermodulační tóny, které se v oblasti slyšitelnosti projevují jako drsnost reprodukce. Možnost vzniku intermodulačních tónů je dána každou nahrávkou, proto je měření intermodulačního zkreslení podstatnější. Intermodulační zkreslení se mimo jiné zvětšuje se stoupající záznamovou úrovní a zmenšující se svislou silou na hrot. Projevuje se také souvislost vzniku intermodulačního zkreslení s poddajností vložky. Měření je však mezinárodně nejednotné a údaje výrobců nelze srovnávat. Měření předpokládá velmi kvalitní měřicí desky.

Efektivní hmotou vztaženou na hrot jehly se rozumí kmitající hmota vložky redukovaná na hrot. Udává se v mg a u kvalitních systémů bývá v rozsahu 0,6 až 3 mg. Každá poddajně uložená hmota rezonuje. Při snímání vysokých kmitočtů vznikají na hrotu zrychlovací síly úměrné efektivní hmotě. Aby byly

tyto síly minimální a rezonance co nejmenší, musí být efektivní hmota malá. Efektivní hmota ovlivňuje kontakt mezi hrotem a drážkou na vysokých kmitočtech. Dosud však není jednotná měřicí metoda, i když existuje přibližný výpočet z geometrických rozměrů a hmoty kmitajících částí.

Mechanická impedance je vyjádřena jako komplexní poměr střídavé síly působící na hrot jehly ke střídavé rychlosti hrotu jehly ve směru působící síly. Mechanická impedance je určena mechanickým odporem, poddajností a hmotou kmitajícího systému. Křivky mechanické impedance se udávají v rozsahu zvukových kmitočtů. Zatím však není tato metoda dostatečně prozkoumána.

Vlastnosti pohonného ústrojí

Pohonné ústrojí se hodnotí podle těchto vlastností:

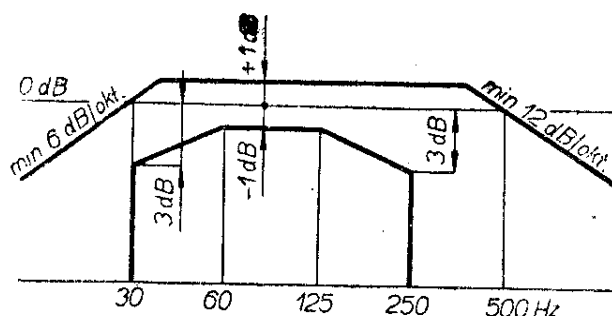
a) odchylka od skutečných otáček,

b) kolísání otáček,

c) odstup rušivého signálu.

Odchylka se udává v procentech skutečných otáček při snímání záznamu v libovolném místě měřicí desky. Vzniká odchylkami otáček asynchronního motoru (skluz) nebo ztrátami v převodu. Při konstantní odchylce bude tón (ve srovnání s původní výškou) reprodukován jako vyšší nebo nižší. Sluchově je nezjistitelná odchylka asi $\pm 1,5\%$.

Kolísání otáček talíře je způsobeno periodickými změnami úhlové rychlosti. Při přehrávání záznamu se projeví kolísáním výšky tónu, tj. kolísáním kmitočtů. Pravidelné kolísání označujeme jako vibráto, rychlejší kolísání skokem s větším tónovým intervalem jako tremolo. Podle subjektivních pocitů se někdy dělí na „pomalé“ kolísání od 0,1 do 10 Hz (projevuje se jako „vytí“) a na „rychlé“ od 15 do 150 Hz, připomínající „sténání“ a při vyšším kmitočtu „zdrsnění“ reprodukce. Při subjektivním posouzení záleží na druhu reprodukované hudby. Při rychlé, rytmické hudbě nebude kolísání tak patrné jako při sólu dlouhoznějících klavírních tónů. Sluchem se dá zjistit kolísání asi $\pm 0,2\%$.



Obr. 8. Tolerance kmitočtové charakteristiky filtru pro vyhodnocení odstupu podle ČSN 36 8401

Odstup rušivého signálu je poměr napětí při snímání drážky bez modulace k napětí při snímání záznamu definovaného kmitočtu při definované záznamové rychlosti. Vyhodnocuje se přes filtr určitých vlastností (vlastností filtru doporučeného ČSN 36 8401 vyplývají z obr. 8). Někteří zahraniční výrobci uvádějí hodnoty, které se na první pohled zdají vynikající. Většinou však celé tajemství spočívá v tom, že při vyhodnocení používají jiné filtry. Nejčastější průběh takového filtru je na obr. 9. Pro kvalitní reprodukci vyhovuje -35 dB (měřeno podle ČSN).

Někdy se udávají ještě další vlastnosti, např. doba rozběhu, která je dána časem potřebným k dosažení dolní hranice

počtu skutečných otáček (nejčastěji při 33 ot./min.). Správná činnost síťových gramofonů musí být zaručena při jmenovitém napájecím napětí $\pm 10\%$, u bateriových i při poklesu o 30 % od jmenovitého napětí.

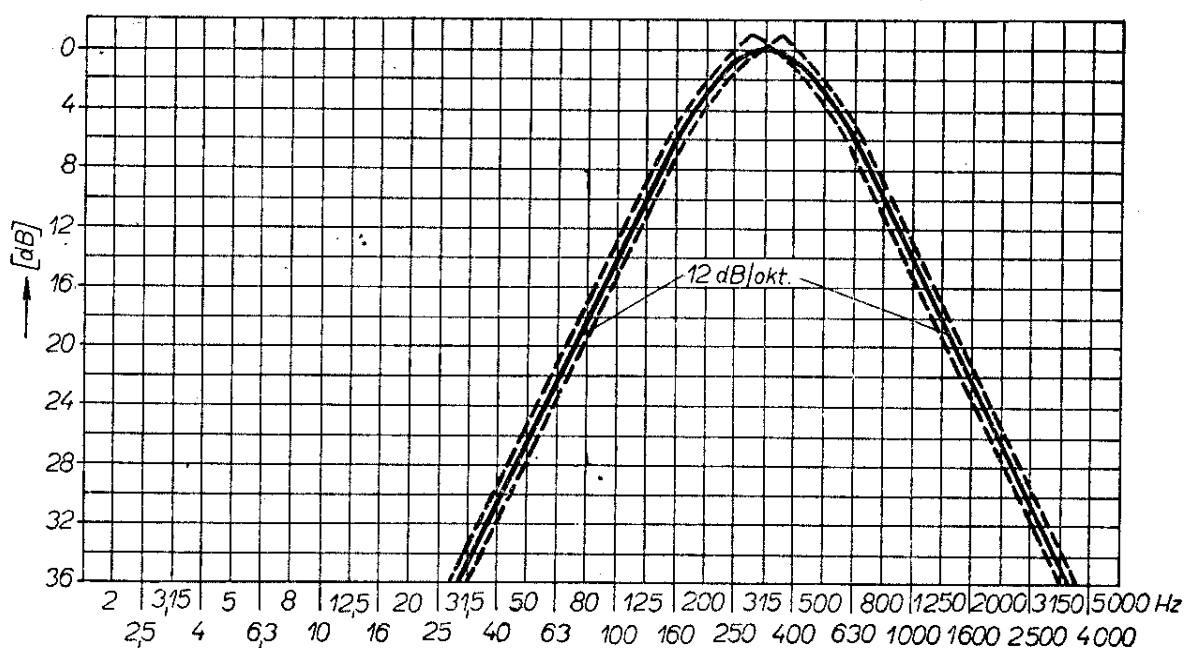
Všechny kvalitativní ukazatele šasi jsou souhrnně v tabulce 1.

Požadavky na zesilovač a reprodukční soustavy Hi-Fi

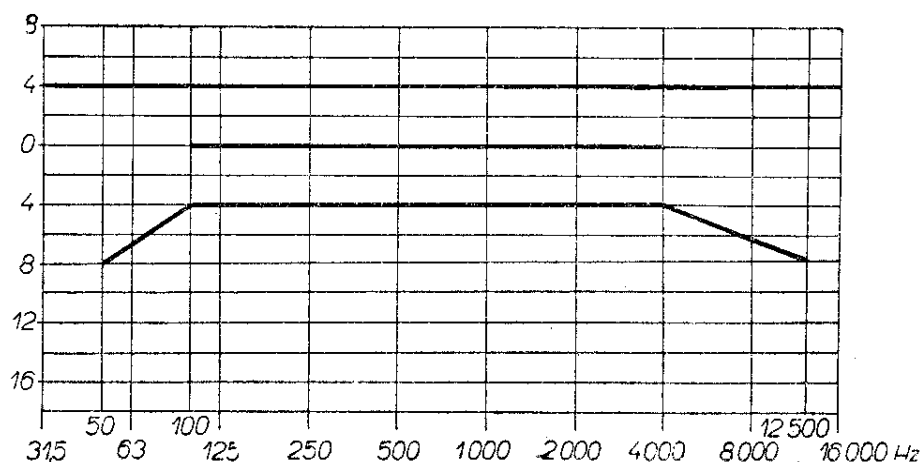
Protože chceme čtenářům předložit návod na amatérskou stavbu kvalitního gramofonového šasi, které při pečlivé práci bude splňovat požadavky Hi-Fi, musíme se zmínit také o požadavcích na zesilovač a reproduktory. Kvalitní reprodukce zvukového záznamu vyžaduje kvalitní členy reprodukčního řetězce. Norma DIN 45 500 stanovila minimální hranice základních vlastností pro všechny články elektroakustického řetězce, které chce výrobce označovat jako Hi-Fi. Jde o magnetofony, přijímače, tunery, gramofony, zesilovače, reproduktory a mikrofony.

Pro zesilovač požaduje DIN 45 500 splnění těchto minimálních požadavků:

a) kmitočtový rozsah při snížení úrovně o -6 dB proti plnému vybuzení



Obr. 9. Tolerance charakteristiky filtru pro vyhodnocování odstupu v zahraničí



Obr. 10. Toleranční pásmo kmitočtové charakteristiky reproduktorů podle DIN 45 500, list 7

v pásmu 40 až 16 000 Hz s tolerancí ± 2 dB pro korigovaný vstup a $\pm 1,5$ dB pro lineární vstup;

b) rozdíl kanálů max. 3 dB. Má-li stereováha min. rozsah 8 dB, musí být rozdíl v rozsahu 20 až 6 300 Hz max. 6 dB, při snížení na -6 dB až -40 dB jmenovitého výstupního výkonu;

c) harmonické zkreslení v rozsahu 40 až 12 500 Hz max. 1 %;

d) intermodulační faktor max. 3 %, při plném vybuzení signály měřicích kmitočtů 250 Hz a 10 000 Hz s poměrem amplitud 4:1;

e) přeslech kanálů při 1 kHz -40 dB, v rozsahu 250 až 10 000 Hz -30 dB. Mezi vstupy při 1 kHz -50 dB, v rozsahu 250 až 10 000 Hz -40 dB;

f) odstup zesilovače -50 dB, vztaženo na 100 mW pro monofonní nebo 2×50 mW pro stereofonní zesilovače;

g) jmenovitý výstupní výkon 10 W pro monofonní a 2×6 W pro stereofonní zesilovač.

Pro reproduktorové soustavy požaduje DIN 45 500 splnění těchto minimálních požadavků:

a) akustický tlak $12 \mu\text{bar} = 96$ dB ve vzdálenosti 1 m, nebo $4 \mu\text{bar} = 86$ dB ve vzdálenosti 3 m;

b) kmitočtový rozsah 50 až 12 500 Hz v tolerancích podle obr. 10, ze vzdálenosti 1 m nebo 3 m. Kmitočtová charakteristika při vychýlení o ± 15 % od osy se nesmí odchýlit o více než ± 4 dB;

c) činitel harmonického zkreslení v rozsahu 250 až 5 000 Hz splňuje při kmitočtech 250 až 1 000 Hz maximálně 3 % při

jmenovitém příkonu; v rozsahu 1 000 až 2 000 Hz klesá ze 3 % na 1 %, nad 2 000 Hz maximálně 1 %;

d) odchylka jmenovité impedance musí být menší než 20 % uvnitř kmitočtového pásma.

Kromě těchto technických parametrů se požadují i jiné vlastnosti. Pro stereofonní zesilovač se požaduje možnost nastavení rovného kmitočtového průběhu oboustrannými nezávislými korekcemi. Označení rovného průběhu a vyrovnaní stereováhou má být shodné se střední polohou potenciometrů. O požadavcích na nf zesilovače jsou čtenáři jistě lépe informováni než o reproduktorových soustavách. Proto uvedeme základní požadavky pro kvalitní reproduktorovou kombinaci.

Požadavky na kmitočtový rozsah není schopen splnit jeden reproduktor, který by optimálně vyzařoval hluboké i vysoké tóny. Kvalitní reprodukce se musí řešit dvou- nebo třípásmovou soustavou, kde jednotlivé systémy vyzařují jen část zvukového pásma. Věrná stereofonní reprodukce vyžaduje výběr shodných reproduktorů pro oba kanály. Celá soustava by měla být řešena tak, aby maximální příkon jednotlivých reproduktorů (nebo pásem) byl srovnatelný, popřípadě aby bylo částečně respektováno spektrální rozložení energetického obsahu nahrávek. Maximální příkon reproduktorů je omezen elektrickou i mechanickou pevností kmitacího systému. Překročení maximálního příkonu znamená zkreslení reprodukce. Další podmínkou správného při-

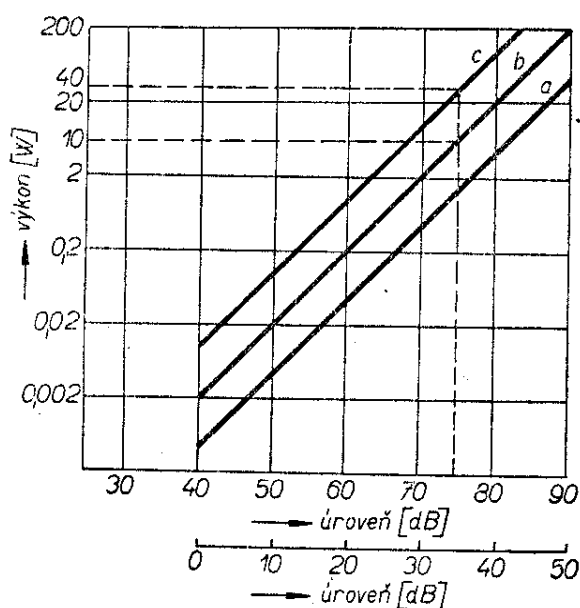
pojení reproduktoru k zesilovači je, aby jmenovitá impedance soustavy odpovídala výstupní impedanci použitého zesilovače. Impedance reproduktoru je kmitočtově závislá a při její minimální velikosti (jmenovité impedance) je příkon do reproduktoru největší. Ideální reproduktorová soustava by měla vyzařovat akustickou energii v celém kmitočtovém rozsahu ve všech směrech rovnoměrně. Podle fyzikálních zákonů se však uplatňuje směrové vyzařování, zvláště na vysokých kmitočtech. Lepšího vyzařování v oblasti vysokých kmitočtů z hlediska směrovosti lze dosáhnout jen speciálními tlakovými reproduktory, např. ART481. Kvalitní vyzařování hloubek závisí na velikosti reproduktoru a ozvučnice, která má zabránit akustickému zkratu mezi přední a zadní stranou membrány. Membrána hloubkového reproduktoru by měla rozkmitat stejně velké množství vzduchu jako hudební nástroj. Řešení je dvojí: velká plocha membrány (ARO835) nebo velká poddajnost menší membrány (ARZ669).

Často se objeví otázka, jak velkého výkonu koncových zesilovačů je třeba vzhledem k velikosti poslechové místnosti. Dobrá reprodukční cesta je taková, která umožní reprodukovat záznam s takovou dynamikou, jakou je zaznamenan. Dynamikou záznamu se označuje rozdíl mezi největší a nejmenší úrovní zvukového záznamu. Dynamika velkého orchestru dosahuje asi 80 dB. Při gramofonovém záznamu však není tato dynamika dodržována (je omezena maximální záznamovou úrovní a úrovní šumu); omezuje se ručně nebo automaticky.

U průmyslově vyráběných desek s úzkou drážkou se dosahuje dynamiky 35 až 40 dB. Prohlídkou desky v šikmo dopadajícím světle můžeme podle šířky světelného reflexu jednoduše zjistit, jde-li o stejnoměrnou hlasitost (deska s taneční hudbou), nebo o záznam s velkou dynamikou (klasická hudba). Zesilovač by tedy měl mít takový výkon, aby neomezoval signál ani v modulačních špičkách fortissima. Požadovaný výkon zesilovače lze stanovit podle hluku okolí, dynamiky záznamu a citlivosti reprodukční soustavy (obr. 11). Např. hluk

okolí 40 dB, dynamika záznamu 35 dB s citlivostí asi 92 dB ve vzdálenosti 1 m vyžaduje maximální okamžitý výkon asi 10 W. Při použití reprodukční soustavy s menší citlivostí bychom pro tyto požadavky potřebovali okamžitý výkon asi 40 W. Zůstává však otázkou, zda tento výkon zesilovače zpracuje reprodukční soustava. Jmenovitý příkon soustavy je dán vlastnostmi a počtem použitých reproduktorů. Není-li soustava schopna zpracovat výkon zesilovače, působí jako omezující faktor pro reprodukci dynamiky záznamu. Chceme-li tedy kvalitně reprodukovat dynamiku záznamu, musí všechny členy reprodukčního řetězce tuto dynamiku přenést bez znatelného zkreslení.

Investice do reprodukčního řetězce pro gramofonový záznam je třeba volit tak, aby všechny členy řetězce měly odpovídající kvalitu (nemá smysl pořídit si kvalitní gramofonový přístroj i zesilovač a doplnit je nekvalitní reprodukční soustavou).



Obr. 11. Nomogram pro stanovení požadovaného výkonu koncového zesilovače v závislosti na dynamice reprodukce a kvalitě reprodukční soustavy: a – odpovídá velmi účinné profesionální soustavě, b – odpovídá kvalitní reprodukční soustavě s citlivostí 92 dB, c – odpovídá reprodukční soustavě s malou účinností

Koncepce konstrukčního řešení

Gramofonové šasi je prvním článkem reprodukčního řetězce gramofonového záznamu. Na jeho kvalitě závisí jakost signálu přiváděného do zesilovače a reproduktorů. Kvalita šasi úzce souvisí s koncepcí konstrukčního řešení všech jeho částí: panelu, šasi, pohonného ústrojí, přenosky a vybavení.

Obvyklá „klasická“ koncepce gramofonového šasi se vyznačuje pevným přichycením ložiska talíře a přenosky k šasi, zatímco motorek je zavěšen pružně. V posledních letech se objevují stále nová řešení, která mají např. motorek spojen pevně s panelem. Na panelu je pružně uložen tuhý nosník, na němž je ložisko s talířem a přenoska. Tato koncepce má lepší podmínky k odstranění vnějších vlivů, jako jsou různé mechanické otřesy a chvění. Navíc lépe zabraňuje vzniku akustické zpětné vazby. Velmi důležitým požadavkem při jakékoli koncepci je vyloučit chvění motorku při převodu pohybu na talíř. Nejběžnějším způsobem je přenos z kladky motorku na talíř mezikolem s pryžovým obložením. Tento způsob je běžný u šasi průměrné kvality. U kvalitních šasi se objevují složitější řešení, např. přenos z kladky motorku mezikolem s pryžovým obložením na mezikladku a z ní pryžovým řemínkem na talíř. Nejjednodušší je přímý řemínekový náhon z kladky na talíř.

Nyní si povíme podrobněji o možnostech konstrukčního řešení jednotlivých částí (panel, motorek, kladka, mezikolo, řemínek, talíř s ložiskem, raménko přenosky, přenosková vložka).

Nosný panel šasi představuje základní prvek, na němž jsou připevněny všechny součásti gramofonu. Upevnění panelu do skříňky, kufříku apod. může být pružné nebo pevné. Je-li panel uložen pružně, představuje vlastně pružnou membránu s různými otvory a prolisy. V poslední době se však stále častěji vyskytuje pevně uložený panel, který potom tvoří kompaktní celek se skříňkou, takže je nutné odpružit celý tento celek pružný-

mi nožkami nebo jiným způsobem. Odpružení vlastního šasi je nutné, aby nedocházelo k přenosu mechanických otřesů z okolí. Panel bývá zhotoven z tažného plechu (tloušťka asi 1,5 mm), jako odlitek z kovu nebo plastických hmot, popřípadě jej tvoří deska, třeba i z netradičních materiálů (dřevo). Forma odlitku nebo desky je vhodnější z hlediska kmitání panelu při pružném uložení. Výhodou pevného uložení je odstranění vlastního kmitání, protože celek kmity dostatečně tlumí.

K omezení vlivu nežádoucích kmitů se používají spirálové pružiny nebo pryžové prvky. Ocelové pružiny se hodí zejména k uložení soustav kmitajících na nízkých kmitočtech. Pryž je schopna velkých elastických deformací a má vynikající tlumicí schopnost. Některé druhy doveďou utlumit až 30 % energie kmitů. Má-li být pružné uložení účinné, musí být kmitočet tohoto uložení položen níže, než je nejnižší složka kmitání.

Pohonným ústrojím se rozumí systém převodu točivého momentu z motorku na talíř. Jde vždy o převod z vyšších otáček (motorku) na nižší otáčky (talíře). Do převodu točivého momentu na talíř je třeba vložit mechanický systém, jímž se různými převody získávají požadované rychlosti.

Nejznámějším způsobem změny rychlosti pohybu talíře je přesouvání frikčního mezikola s pryžovým obložením na stupňovité kladce. Nejjednodušším řešením je umístit stupňovitou kladku na hřídel motorku; mezikolo pak přenáší točivý moment na funkční plochu talíře. Tento způsob přenosu však má četné nedostatky – např. nedostatečně zabraňuje pronikání rušivých kmitů do panelu.

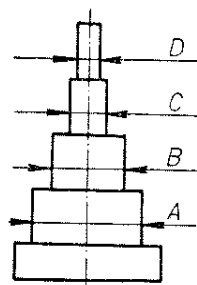
Základem pohonného ústrojí je motorek, který je napájen síťovým napětím nebo z baterie. Síťové motorky jsou obvykle jednofázové, asynchronní. Bývají dvoupólové (asi 2 800 ot./min.) nebo čtyřpólové (asi 1 400 ot./min.) s kotvou nakrátko. Rotor motorku je zastříknut hliníkem a bývá zpravidla uložen v samomazných ložiscích. Hřídel motoru je axiálně zajištěn v dolním ložisku a otáčí se na kuličce. Motorek je řešen pro na-

pětí 120 a 220 V. Protože asynchronní motorky nezaručují svým principem a konstrukcí stálé otáčky, je třeba vyrábět několik rozměrově odstupňovaných kladek, aby byl zajištěn požadovaný počet otáček talíře. U kvalitních přístrojů k tomu přistupuje ještě požadavek jemné regulace otáček. Všechny tyto nevýhody odstraňuje použití synchronního motorku. Zatím se však tento typ motorku ve větší míře neprosadil, protože se dosud nepodařilo odstranit jeho značné chvění. Hladký rotor těchto motorků tvoří obvykle feritový magnet. Synchronní motorek udržuje otáčky podle kmitočtu sítě a při $f = 50$ Hz má definované otáčky podle vztahu $n = 60 f/p$, kde p je počet dvojic pólů (např. 428,57 ot./min.). Z technického i ekonomického hlediska je to zatím nejvhodnější motorek pro pohon gramofonu. Také jeho váha je menší. Rotor je opatřen samosvornou zpětnou brzdou, která umožňuje rozběh jen jedním směrem. Synchronní motorek má však i velkou nevýhodu, neboť jej nelze použít pro pohon talíře třecím mezikolem.

Na motorky napájené z baterie jsou kladeny podobné požadavky jako na síťové; navíc se požaduje malá spotřeba. Největším problémem je rovnoměrnost otáček; proto všechny stejnosměrné motorky vyžadují regulaci otáček. Podle druhu regulace lze rozdělit bateriové motorky na tyto základní typy:

- a) komutátorové se stejnosměrnou regulací,
- b) komutátorové s vysokofrekvenční regulací,
- c) komutátorové s elektronickou regulací,
- d) bezkomutátorové s elektronickou regulací.

Další součástí pohonného ústrojí je kladka. Je obvykle umístěna přímo na hřídeli motorku a má tolik stupňů, kolik je požadovaných rychlostí. Při použití pryžového řemínku musí být zabráněno samovolnému sklouzávání z jednotlivých stupňů kladky. Stupně kladky jsou válcové, někdy také kónické – potom slouží k nastavení otáček svislým pohybem mezikola. Toto řešení je však velmi citlivé na svislou házivost kladky a mezi-



označení barvou	ø v mm			
	A	B	C	D
zelená	470	265	196	0,98
modrá	477	269	199	1,00
červená	484	273	202	1,01
černá	491	277	205	1,03
žlutá	498	281	208	1,04

Obr. 12. Odstupňování rozměrů kladek pro asynchronní motorek

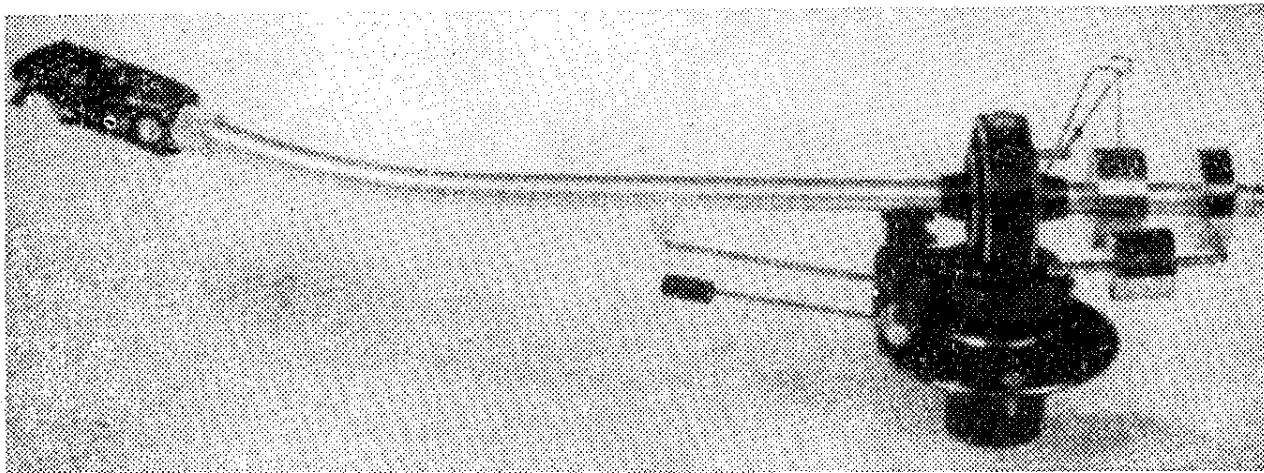
kola. Příklad kladky pro dvoupólový jednofázový motorek je na obr. 12.

Mezikolo je dalším článkem pohonného ústrojí. Mechanismus řazení mezikola vertikálně přesouvá z jednoho stupně kladky na druhý. Mezikolo má na vnější části pryžové obložení, které částečně zabráňuje pronikání rušivého kmitání a chvění z motorku a kromě toho zlepšuje přenos točivého momentu.

Použití pryžového řemínku zhoršuje přenos nežádoucího chvění. Vliv tohoto způsobu přenosu na kolísání je spíše negativní, proto předpokládá vhodnou konstrukci (motorek s nižšími otáčkami – potom však vychází větší kladka, vhodná váha talíře atd.).

Talíř je posledním prvkem pohonného ústrojí. Bývá obvykle plechový, nebo je vyroben z nemagnetického odlitku (zinková slitina). Plechové talíře se používají u méně kvalitních přístrojů. Součástí talíře je hřídel a ložisko. U plechových talířů je hřídel částí talíře a ložiskové pouzdro je připevněno na šasi. Výhodnější je však druhé řešení: v talíři je pevně uloženo pouzdro ložiska a hřídel je připevněn na šasi. Pro kvalitní přístroje se většinou používá těžší talíř vyrobený z odlitku. Velikost talíře a jeho váha ovlivňuje kmitočet vlastního kmitání celé soustavy. Kromě toho musí být váha, která určuje setrvačnou hmotu, volena s ohledem na co nejmenší kolísání.

Raménko přenosky má umožnit dokonalé vedení hrotu přenoskové vložky v drážce desky, aby se co nejméně uplatnil nežádoucí vliv geometrického tvaru (nelze jednoduše zajistit, aby podélná osa přenoskové vložky byla v každém bodě desky rovnoběžná s tečnou k dráž-



Obr. 13. Velmi kvalitní čs. přenoska P1101 Tesla Litovel, která získala první stupeň jakosti a je vybrána k registraci nejlepších čs. výrobků s právem používat označení „Výbráno pro CID“

ce) a dalších nedostatků, jako je určité tření v ložiscích, vliv hmoty raménka, nedokonalá rovnováha atd.

Klasickým typem raménka je raménko otočné kolem svislé osy. Takové raménko vede hrot přes desku obloukem. Vyvážení hmoty raménka se dosahuje protizávažím nebo tahem pružiny (zvláště u lehkých ramének z plastických hmot). Pružina je přestavitelná (mění se upevněním jednoho konce) a většinou určuje svislou sílu na hrot. Tento systém je citlivý na otřesy a jeho vyvážení se snadno poruší. U kvalitnějších přenosů se používá protizávaží, které umožní nastavení požadované svislé síly na hrot, nebo slouží k vyvážení a svislá síla se nastavuje závažím na raménku. Ložiska raménka musí mít nepatrné tření, zejména pro vložky s velkou poddajností. Proto se u kvalitních ramének používají přesná kuličková ložiska nebo hrotové uložení.

Kvalitní raménko obsahuje nastavitelnou kompenzaci dostředné síly a zvedáček. Je-li raménko řešeno jako samostatný celek (obr. 13), umožňuje seřízení podle výšky talíře, posunutí vložky k zachování optimálního přesahu a optimální natočení hlavičky.

Přenosková vložka obsahuje snímací systém, který má za úkol přeměnit mechanický záznam z desky na odpovídající elektrické napětí. Mechanická výchylka

drážky se přenáší přes mechanický spojovací systém na mechanicko-elektrický měnič, kde se velikost pohybu (rychlost nebo výchylka) přeměňuje na elektrický signál. K této přeměně se využívá různých fyzikálních principů: elektromagnetický, elektrodynamický, magnetodynamický, piezoelektrický, elektrostatický, piezorezistivní. Pořadí nejčastěji používaných principů je asi toto: piezoelektrický, magnetodynamický, elektromagnetický a piezorezistivní. Výstupní napětí magnetodynamického a elektromagnetického měniče je mimo jiné přímo závislé na rychlosti záznamu. Výstupní napětí piezoelektrických i piezorezistivních měničů jsou přímo závislá na amplitudě záznamu. V přenoskových vložkách piezoelektrického typu se používají jako měniče krystaly ze Seignettovy soli nebo piezokeramické materiály. Na plochách krystalů vzniká vlivem mechanického namáhání (ohyb, torze) elektrický náboj. Krystaly ze Seignettovy soli podléhají vlivu vlhkosti (nutno je impregnovat), jsou citlivé na teplo a značně křehké. Seignettova sůl má však velký součinitel elektromechanické vazby (má velkou citlivost). Piezokeramické materiály mají menší citlivost, nemají však nevýhody Seignettovy soli.

U magnetodynamických měničů se pohybuje magnet, který vytváří v při-

lehlém jádru magnetický tok úměrný natočení chvějky spojené s magnetem. Na jádru jsou cívky, v nichž vzniká elektrické napětí.

Základem elektromagnetického měniče je magnetický obvod s velkým magnetickým odporem, který se mění v rytmu pohybu kotvy (chvějky). Tím se mění magnetický tok v jádře a také napětí ve snímací cívce.

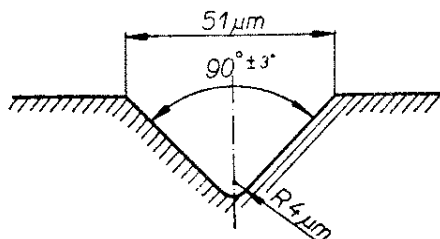
Piezorezistivní polovodičový měnič tvoří dopovaný křemíkový prvek. Jde o odporový měnič, jehož odpor se mění namáháním. Vyžaduje napájecí zdroj, aby bylo možné vyhodnocovat změny odporu na elektrický proud. Použití polovodičových měničů je ve světě poměrně vzácné.

Přenoskové vložky mívají často speciální upevnění, u nových kvalitních (magnetodynamických) vložek je však upevnění standardní a mezinárodně uznávané, a to 1/2". Živé vývody stereofonní vložky jsou označeny R – pravý a L – levý kanál, ostatní jsou spojeny nebo vyvedeny samostatně.

Gramofonový záznam a jeho snímání

Princip záznamu

Gramofonový záznam zvuku je jedním z nejstarších záznamů, který se udržel až do dnešní doby a nelze předpokládat, že by jeho obliba v budoucnosti poklesla. Dnes jsou mechanický záznam a jeho reprodukce opracovávány tak, že se řadí na první místo kvalitou, snadností výroby desek (s možností záznamu studiových nahrávek), možností stereo-

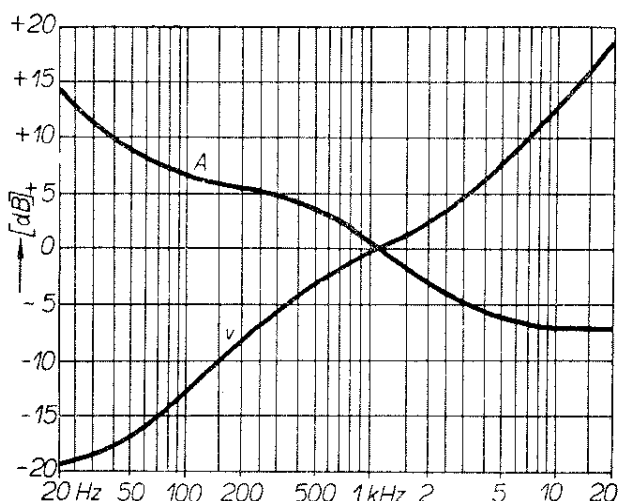


Obr. 14. Rozměry úzké drážky stranového záznamu

fonního provozu a konečně i jednoduchostí obsluhy při reprodukci.

Je-li na gramofonové desce záznam jednokanálové informace, mluvíme o záznamu monofonním. V praxi se používá stranový záznam, i když existuje i záznam hloubkový (vertikální). Při stranovém záznamu je rydlo vychylováno v horizontálním směru z klidové polohy podle amplitudy nízkofrekvenčního signálu. Při hloubkovém záznamu je rydlo tlačeno svisle k povrchu desky, tj. při větší hlasitosti hlouběji než při menší. Šířka drážky hloubkového záznamu je tedy rozdílná. Pro potíže při výrobě a rozmnožování desek s hloubkovým záznamem se rozšířil stranový záznam, vynalezený E. Berlinerem. Drážka tedy vede snímací hrot vložky, který musí být ve stálém dvoubodovém dotyku s boky drážky. Průřez drážky je trojúhelníkový (drážku řeže klínový nástroj se zaoblenou špičkou). Na obr. 14 je průřez úzké drážky při stranovém záznamu. Vlastnosti drážky je třeba dodržovat, protože jakákoli změna jejího tvaru vyvolává rozdíly při snímání záznamu.

Je-li na desce záznam dvoukanálové informace, mluvíme o záznamu stereofonním (pravý a levý kanál). Pravý je zaznamenán na vnějším boku drážky, levý na vnitřním. Proto se tento způsob často označuje jako boční záznam. Kanály jsou zaznamenány v pohybových směrech vzájemně kolmých, přičemž s rovinou desky svírají úhel 45°. Při tomto záznamu se uplatňují složky hloubkového záznamu; proto šířka drážky není konstantní, ale závislá na úrovni signálu. Minimální šířka je 40 μm. Jsou-li oba záznamové systémy buzeny stejným napětím (fázově i amplitudově), vzniká jen hloubkový záznam. Při protifázovém buzení stejnou úrovní napětí vzniká jen stranový záznam. Monofonní a stereofonní záznamy jsou slučitelné do té míry, že monofonní deska může být plnohodnotně snímána stereofonní vložkou, zatímco hodnotné snímání záznamu stereofonní desky monofonní vložkou je závislé na její poddajnosti a citlivosti na hloubkový záznam, v každém případě je však reprodukce bez stereofonního vjemu.



Obr. 15. Mezinárodní záznamová charakteristika RIAA

Při záznamu signálu sinusového průběhu sleduje rydlo dráhu ve směru kolmém k drážce. Tato dráha v cm za 1 s se jmenuje stranová rychlost záznamu v . Efektivní hodnota je

$$v_{\text{ef}} = 4,44 f A,$$

kde je f – kmitočet signálu,

A – maximální amplituda.

Závislost stranové rychlosti na kmitočtu je dána záznamovou charakteristikou (obr. 15). Průběh charakteristiky má stoupající tendenci k vysokým kmitočtům (křivka v). Při kmitočtové nezávislosti záznamu by v oblasti nízkých kmitočtů vznikaly příliš velké amplitudy (tzn. zkrácení reprodukční doby). Zdůraznění vyšších kmitočtů zlepšuje odstup užitečného signálu od šumu. Charakteristika z obr. 15 je celosvětově doporučena pro desky s úzkou a stereofonní drážkou. Průběh je dán časovými konstantami $\tau_1 = 3180 \mu\text{s} - 50 \text{ Hz}$; $\tau_2 = 318 \mu\text{s} - 500 \text{ Hz}$; $\tau_3 = 75 \mu\text{s} - 2120 \text{ Hz}$.

Průběh je v souladu s impedancí sériového spojení kapacity a odporu o $\tau = 3180 \mu\text{s}$, se změnou zdánlivé vodivosti sériového spojení kapacity a odporu o $\tau = 318 \mu\text{s}$ a se změnou zdánlivé vodivosti paralelního spojení kapacity a odporu o $\tau = 75 \mu\text{s}$. Tato záznamová charakteristika zajišťuje svým průběhem větší odstup signálu od šumu, prodloužení re-

produkční doby a potlačení bručení a hluku gramofonového přístroje. Pro informaci je v obr. 15 průběh amplitudy záznamové charakteristiky a v tab. 2 úrovně stranové rychlosti a amplitudy podle normalizovaného průběhu (označovaného RIAA). Ze všeho, co bylo dosud řečeno, vyplývá nutnost vykompenzování záznamové charakteristiky na reprodukční straně. Pro rychlostní vložky se řeší korekčním zesilovačem, u výchylkových je vykompenzování závislosti amplitudy řešeno konstrukcí mechanicko-elektrického měniče.

Úroveň mechanického záznamu lze definovat udáním stranové rychlosti nebo amplitudy, popřípadě zrychlením pro daný kmitočet. Kmitočtová závislost těchto veličin (kromě zrychlení) je na obr. 15. Z hlediska úrovně záznamu je velikost amplitudy podstatná pro nízké kmitočty, stranová rychlost pro střední kmitočty a zrychlení pro vysoké kmitočty. Maximální amplituda je omezena drážkovou roztečí (aby nedošlo k proříznutí drážek). Stranová rychlost je omezena přípustným zkreslením. Zrychlení je omezujícím faktorem na vysokých kmitočtech. Při velkých zrychleních není snímací hrot veden drážkou pevně a dochází ke zkreslení nebo i k deformaci drážky.

Další charakteristickou vlastností je drážková rychlost v_d ; je to délka posunutého úseku desky za časovou jednotku. Je závislá na počtu otáček a průměru drážky podle vztahu

$$v_d = \frac{\pi n d}{60} \quad [\text{cm/s; ot./min., cm}],$$

kde je n – počet otáček,

d – průměr drážky.

Délka vlny zaznamenané na desce je potom

$$\lambda = \frac{v_d}{f} \quad [\text{cm; cm/s, Hz}].$$

Z těchto vzorců je zřejmé, že drážková rychlost je maximální na vnějším obvodu desky a minimální na nejmenším průměru drážky. Tyto změny rychlosti způsobují, že signál stejného kmitočtu zaznamenaný na různých místech desky

Tab. 2. – Kmitočtová charakteristika gramofonového záznamu 3 180, 318, 75 μ s.

	v [dB]	A [dB]
20 Hz	–19,3	+14,7
30	–18,6	+11,7
40	–17,8	+10,2
50	–16,9	+9,1
60	–16,1	+8,3
70	–15,3	+7,8
80	–14,5	+7,4
100	–13,1	+6,9
120	–11,8	+6,6
150	–10,3	+6,2
200	–8,2	+5,8
250	–6,7	+5,4
300	–5,5	+5,0
400	–3,8	+4,2
500	–2,6	+3,4
600	–1,8	+2,6
700	–1,2	+1,9
800	–0,8	+1,2
1 kHz	0	0
1,5	+1,4	–2,1
2	+2,6	–3,4
3	+4,7	–4,8
4	+6,6	–5,4
5	+8,2	–5,8
6	+9,6	–6,0
7	+10,8	–6,1
8	+11,9	–6,2
10	+13,7	–6,3
12	+15,3	–6,3
14	+16,6	–6,4
15	+17,2	–6,4
16	+17,7	–6,4
18	+18,7	–6,4
20	+19,6	–6,4

nemá stejnou vlnovou délku (zmenšuje se směrem k nejmenšímu průměru záznamu). Nejběžnějším tvarem snímacího hrotu je kulová plocha o poloměru r_h (pro úzkou drážku $r_{h \max} = 25 \mu\text{m}$, pro stereofonní $r_{h \max} = 18 \mu\text{m}$). Důležitou podmínkou správného snímání je dvoubodový kontakt hrotu s drážkou. Kulový hrot splňuje tuto podmínku nezkresleného snímání jen do takové vlny, jejíž zakřivení je shodné se zakřivením hrotu v bodě dotyku. Odpovídající kmitočet se nazývá mezní kmitočet a je dán vztahem

$$f_m = \frac{v_d}{2\pi \sqrt{r_{h \text{ ef}} A}},$$

kde je A – amplituda,
 $r_{h \text{ ef}}$ – efektivní poloměr hrotu
 (v bodě dotyku).

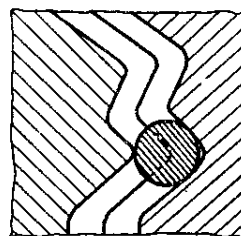
Od tohoto kmitočtu nesleduje hrot střed drážky a ve vrcholech nastává tzv. tříbodový dotyk (obr. 16). Při zvětšování záznamových rychlostí nebo zmenšování počtu otáček je třeba zmenšit poloměr zakřivení hrotu. Nejvýhodnější je eliptický hrot, který se tvarem přibližuje rydlu. Dotykový radius eliptického hrotu bývá až $5 \mu\text{m}$.

Po zjednodušení a dosazení do výrazu pro f_m při $r_h = 18 \mu\text{m}$, $r_{d \min} = 6,3 \text{ cm}$ a $n = 33,3 \text{ ot./min.}$ bude

$$f_m = \frac{4,25 \cdot 10^2}{v_{z \text{ ef}}} \quad [\text{Hz}; \text{m/s}]$$

a $n = 45,1 \text{ ot./min.}$

$$f_m = \frac{7,8 \cdot 10^2}{v_{z \text{ ef}}}.$$



Obr. 16. Vznik tříbodového dotyku při snímání vysokých kmitočtů

Mezní kmitočet může být pro stejnou v_d vysoký, je-li malá stranová rychlost (nebo amplituda). Také zmenšením hrotu se zvýší mezní kmitočet (vznikají však větší tlaky na drážku). Z požadavku nezkráceného snímání docházíme ke stanovení minimální drážkové rychlosti, která určuje nejmenší průměr drážky pro dané otáčky.

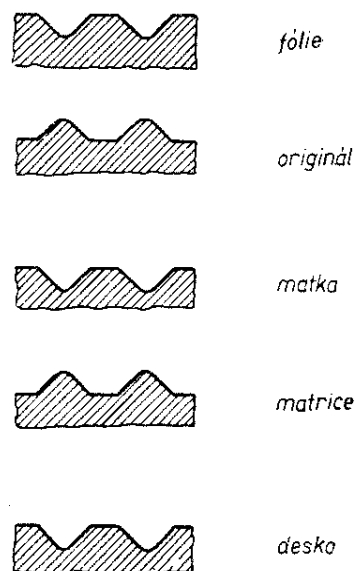
Dalším vlivem, který působí při snímání vysokých kmitočtů, je rezonance snímacího hrotu v drážce. Tato rezonance je závislá na poloměru zaoblení hrotu, přítláčné síle v bodě dotyku, efektivní hmotě snímacího systému a poddajnosti materiálu desky.

Poměry při snímání vysokých kmitočtů jsou komplikované. Přesto z nich jednoznačně vyplývá požadavek minimální svislé síly na hrot, maximálního zakřivení hrotu v bodě dotyku a minimální hmoty snímacího systému.

Ještě si všimneme profilu drážky při stranovém záznamu. Profil v rovině kolmé na směr pohybu nosiče je konstantní. V rovině kolmé k ose drážky se mění podle signálu. Vzniká drážka, jejíž úhel sevřený boky není konstantní; nastává plynulé svírání a rozvírání drážky. Maximální rozevření je ve vrcholech signálu sinusového průběhu. Sevření je tím větší, čím strmější je průběh (strmost roste směrem ke středu desky). Při snímání stranového záznamu tak vzniká navíc vertikální pohyb, který má dvakrát vyšší kmitočet než zaznamenaný signál.

Výroba desek

Záznamy se rozmnožují lisováním kovovými nástroji. Nástroj, který obsahuje negativní obraz záznamu, lze zhotovit galvanickou cestou. Výroba desky postupuje podle obr. 17. Nejdříve se vytvoří záznam do fólie, která se postříbí a v galvanické lázni pomědí dostatečně tlustou vrstvou. Po oddělení fólie se získává negativní otisk (originál). Z něho se v galvanické lázni vyrobí několik pozitivních otisků, tzv. matek, a z nich se podobným postupem vytvoří lisovací nástroj s negativním záznamem (matrice), která potom slouží pro hromadnou



Obr. 17. Postup při zhotovení gramofonové desky

výrobu. Pro výrobu menšího počtu desek lze použít jako lisovací nástroj originál. Lisovací hmota musí být za tepla plastická a za studena pevná. Jakostní dlouhohrající desky s malou úrovní šumu a s odolností proti opotřebení se lisují z hmoty s vhodnou volbou složek za použití polyvinylchloridu. Desky se lisují na hydraulických lisech, přičemž hmota i forma se předehtřívají. Nerovnoměrné vyhřátí hmoty vyvolá nerovnoměrné smrštění, což se v reprodukci projevuje šelesty.

Problémy snímání

Má-li být reprodukováný zvuk věrným obrazem zaznamenaného, musí reprodukční řetěz vyhovovat určitým požadavkům. Jeho jednotlivé články nesmějí do reprodukce vnášet nepřípustné zkreslení a omezovat dynamiku. Všimneme si podstatných vlivů a podmínek pro snímání záznamu.

Záznam snímá hrot jehly. Jehla je vyrobena ze safíru, u kvalitních systémů z diamantu. Safírový hrot je po 100 hodinách provozu natolik opotřebován, že je nutná výměna. Diamant dává až 2 000 hodin kvalitní reprodukce. Opotřebení je velmi závislé na tlaku a kvalitě desky

a je zjistitelné po padesátinásobném zvětšení. Safírové a diamantové hroty se snadno poškodí hrubým zacházením. Obr. 18 ukazuje správné uložení hrotu v drážce. Hrot musí být dokonale leštěn. Důvod co největšího zakřivení jsme si již objasnili.

Snímací systém je složen z pohyblivých a pevných částí. Pohyblivé části tvoří mechanické soustavy složené z hmoty m a poddajnosti c . Tato mechanická soustava rezonuje na kmitočtu

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{mc}}.$$

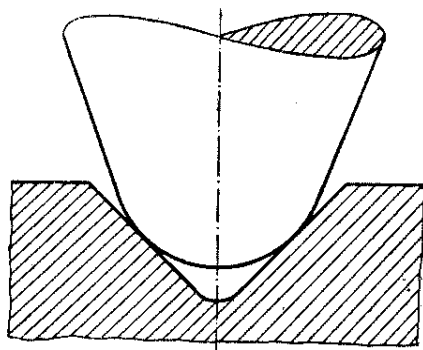
Analogicky s elektrickými rezonančními obvody může být velikost mechanické impedance při rezonančním kmitočtu minimální nebo maximální. Maximální se projeví zvětšením výstupního napětí z vložky. Oblast kolem tohoto rezonančního kmitočtu je reprodukována mnohem hlasitěji. Aby k tomu nedošlo, je třeba řešit vložku a raménko tak, aby rezonanční kmitočty byly mimo přenášené pásmo, nebo aby tato rezonance byla mechanicky zatlumená. Impedanci „sériové“ mechanické soustavy lze vyjádřit

$$Z_m = j\omega m + \frac{1}{j\omega c} + r,$$

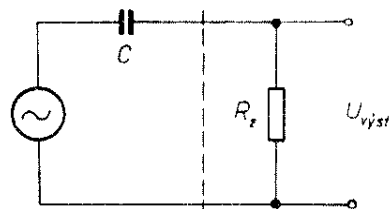
kde je r – mechanický odpor.

Obecně platí pro mechanickou impedanci

$$Z_m = \frac{F}{v_s} \quad [\text{dyn/cm/s; dyn. cm/s}],$$



Obr. 18. Správné uložení hrotu v drážce



Obr. 19. Náhradní obvod zatížené krystalové přenosky

kde je F – síla (v analogii elektromotorická síla),
 v_s – rychlost (v analogii proud).

Pohyblivé části přenosky mají dvě rezonance s velkou mechanickou impedancí. Tyto rezonance ovlivňují kmitočtovou charakteristiku přenosky. Jedna rezonance mechanické soustavy je dána efektivní hmotou chvějky a efektivní poddajností nosiče záznamu a chvějky.

Efektivní hmotu lze obecně určit podle

$$m_{ef} = \frac{I}{e^2} \quad [g; g \cdot \text{cm}^2, \text{cm}],$$

kde je I – moment setrvačnosti členu kmitajícího kolem osy otáčení,
 e – vzdálenost mezi osou otáčení a hrotem.

Rezananční kmitočet f_h se posune výše, zmenší-li se hmota chvějky. Konstrukcí je možné tento kmitočet posunout za horní hranici slyšitelného pásma. Kromě této rezonance existuje rezonance systému vložky s malou impedancí (nemá vliv na kmitočtovou charakteristiku přenosky). Je dána efektivní hmotou chvějky a její poddajností. Rezananční kmitočet se značí f_s a pohybuje se v oblasti 1 000 až 3 000 Hz. Rezananční kmitočet f_h se pohybuje v oblasti 6 000 až 14 000 Hz.

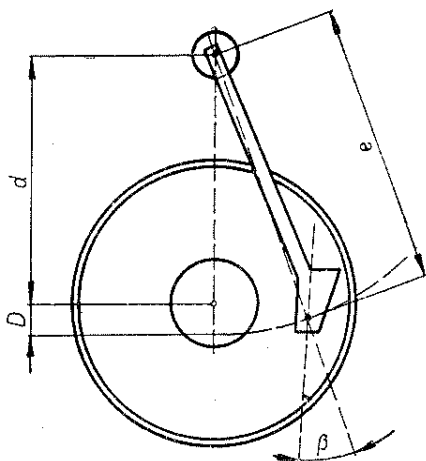
Na rezonanci v oblasti nízkých kmitočtů mají podstatný vliv vlastnosti raménka. Rezananční kmitočet soustavy je určen efektivní hmotou přenosky a poddajností chvějky. Rezananční kmitočet by měl ležet co nejnižší (pohybuje se od 20 Hz do 200 Hz) a vyžaduje řešit přenosku jako celek. Je nesprávný názor, že lze pro libovolnou přenoskovou vložku použít jakékoli raménko a naopak. Kon-

strukční řešení přenosky však musí splňovat i další požadavky, které podrobně probereme v další části.

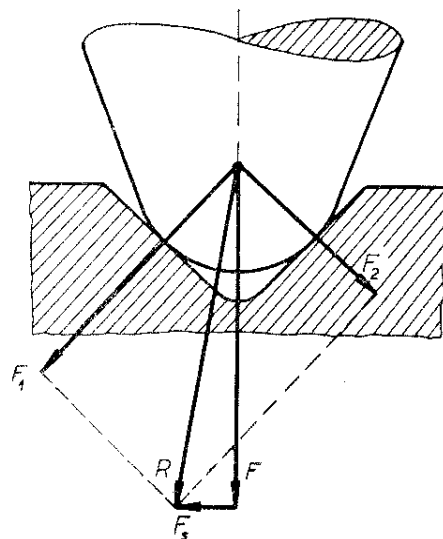
Připojení přenosky na vstup nízkofrekvenčního zesilovače může ovlivnit její kmitočtovou charakteristiku. Měla by být dodržena jmenovitá zatěžovací impedance doporučená výrobcem vložek. U vložek pracujících na magnetickém principu klesá se zmenšováním zatěžovacího odporu kmitočtová charakteristika v oblasti vysokých kmitočtů. Tyto vložky je třeba připojit co nejkratším stíněným kablíkem, aby se co nejméně uplatnila kapacita přívodu s indukčností snímací cívky. Pro připojení krystalové vložky platí jiné požadavky, protože mají kapacitní charakter. Náhradní obvod je na obr. 19. Mezní kmitočet, při němž dochází k poklesu o 3 dB, je dán vztahem

$$f = \frac{1}{2\pi R_z C}.$$

Mezní kmitočet lze posunout níže zvětšením zatěžovacího odporu nebo zvětšením kapacity krystalového „dvojčete“. Menší zatěžovací odpor dává vyšší mezní kmitočet a tím i potlačení nízkých kmitočtů. Připojení kapacity propojovacího kablíku znamená připojení kapacity k R_z . Tím se zmenší výstupní napětí a posune se mezní kmitočet. Charakteristika nad tímto kmitočtem se



Obr. 20. Geometrie vzájemného uspořádání a tvaru přenosky (d je montážní vzdálenost přenosky)



Obr. 21. Rozložení sil v drážce záznamu

nemění. Obvyklá velikost zatěžovacího odporu je 47 k Ω pro magnetické a 1 M Ω pro piezoelektrické systémy. Kapacita krystalového „dvojčete“ ze Seignettovy soli je asi 2 200 pF.

Raménko musí odpovídat použité vložce. Nesouhlas tečny k drážce a osy vložky v bodě dotyku je příčinou zkreslení signálu, zvětšení stranového tlaku na jeden bok drážky a tím zvětšení opotřebení hrotu a desky. Aby byly tyto nepříznivé vlivy minimální, musí být vhodně volen tvar a umístění raménka. Pro optimální funkci raménka se volí vhodný přesah přenosky za střed talíře a optimální zalomení raménka (obr. 20). Pro optimální přesah D platí po upravení a zjednodušení vztah

$$D = \frac{33 \cdot 2}{e} \quad [\text{cm}; \text{cm}],$$

kde je e – vzdálenost snímacího hrotu od osy otáčení ramene.

Pro zalomení ramene platí

$$\beta = \frac{500}{e} \quad [^\circ].$$

Rozložení sil působících v drážce ukazuje obr. 21,

kde je F – svislá síla na hrot,

F_s – dostředná síla,

$F_1 F_2$ – síly na boky drážek.

Dostředná síla je složkou síly vyvolané třením hrotu v drážce. Velikost tření je závislá na svislé síle na hrot, zakřivení hrotu, materiálu desky a modulaci drážky. Velikost dostředné síly je závislá i na geometrii raménka; čím je větší potřebné zalomení, tím je dostředná síla větší. Tato dostředná (skatingová) síla se nepříznivě projevuje nerovnoměrným rozložením sil na boky drážky, u poddajných systémů i bočním vychýlením. Kompenzace této síly (antiskating) má podstatný význam u poddajných vložek.

Vybavení kvalitních šasi

Kvalitní stereofonní šasi označovaná Hi-Fi (ať již právem nebo neprávem) obsahují z hlediska vybavení mnoho funkcí, které umožňují dokonalou obsluhu. Vybavení přístroje a jeho vzhled jsou totiž pro zákazníky velmi důležité. Jsou proto řešeny tak, aby obsluha byla jednoznačná, jednoduchá a dokonalá.

Snad každý kvalitnější přístroj má zvedáček přenosky, který je často spřažen se spínačem napájení. Zvedáček umožňuje tlumené dosednutí přenosky na kterékoli místo desky, čímž se šetří snímací hrot (zvláště eliptický) i deska. Rychlost dosednutí je často nastavitelná. Zvedáček může být řešen samostatně nebo jako součást přenosky. Se zvedáčkem souvisí zkratování přenosky před dosednutím a v nastavitelném intervalu po dosednutí na desku, někdy i okamžik před zvednutím. Přístroj obsahuje zkratovací spínač výstupu přenosky. Zkratování odstraňuje nežádoucí hluky v reprodukci, které mohou nastat při manipulaci s přenoskou.

Kvalitní šasi jsou dále vybavena, pokud to jejich koncepce vyžaduje, jemnou regulací otáček a s ní související stroboskopickou indikací otáček. Jemná regulace umožňuje přesné nastavení skutečných otáček gramofonového talíře podle stroboskopických značek vyznačených na talíři. Při osvětlení doutnavkou se příslušné značky zastaví. Skutečné otáčky je třeba nastavovat při přenosce

na desce. Jemná regulace je nejčastěji řešena na principu vířivých proudů. Obvyklý způsob využívá permanentního magnetu, který působí na měděný kotouč na hřídeli elektromotorku. Někdy se otáčky regulují změnou stejnosměrného proudu v cívce elektromagnetu. Další možností je regulace kónickou kladkou. Rozsah regulace je asi $\pm 4\%$. S činností regulace je často spojována brzda talíře, která způsobí rychlé zastavení talíře při vypnutí přístroje. Často je brzda řešena mechanicky.

Přenoska má možnost přesného nastavení svislé síly na hrot, nejčastěji posuvatelným závažíčkem s vyznačenou stupnicí na raménku. Při snímání s poddajnou vložkou se nepříznivě uplatňuje „skating-efekt“, který způsobuje zkreslení reprodukce vlivem dostředné síly. K vykompenzování se používá tzv. antiskating. Antiskating působí na přenosku v opačném smyslu. Je-li antiskating nastavitelný podle svislé síly na hrot (asi 10 % svislé síly), vykompenzuje se dostředivá síla a v obou kanálech stereofonního záznamu nastávají shodné poměry, potřebné pro kvalitní reprodukci.

K praktickému vybavení patří možnost naklonění hlavičky přenosky a nastavení vertikálního snímacího úhlu. Toto vybavení však slouží k nastavení ve výrobním podniku a zákazníkovi se nedoporučuje používat. Je však důležité u přenosek volně prodávaných.

Některé přístroje mají před snímacím hrotem kartáček, který čistí desku. Velmi praktickým doplňkem jsou antistatické utěrky, napuštěné antistatickou kapalinou. Čištění však vyžaduje jemnost, aby se tekutina nevytlačila na desku. Takto ošetřené desky potom nepřitahují prach. U nás vyrábí tyto utěrky FOTO-KINO-SLUŽBA, provozovna DOS, Perštýnská 40, Pardubice (telefon 22274).

Studiové přístroje mají nastavitelnou horizontální polohu kontrolovanou vodo-
vážou, někdy i optickou indikací polohy přenosky.

K přednostem kvalitních přístrojů patří značení polohy snímacího hrotu, stejně jako dokonalý a jemný chod ovládacích prvků.

Měření gramofonu

Kvalita gramofonového šasi se posuzuje podle vlastností, které jsme již uvedli. Často se však stává, že udávané vlastnosti jsou při vzájemném porovnání velmi odlišné. Je to ve většině případů způsobeno chybným měřením nebo odlišným vyhodnocováním. Proto bude vhodné stanovit základní způsoby měření a vyhodnocování.

Při všech měřeních na gramofonových přístrojích je třeba dodržovat určitá pravidla a požadavky. Musí se dodržovat jmenovitá zatěžovací impedance přenosky, jmenovité napájecí napětí a kmitočet. Před měřením necháme přístroj asi 10 minut zaběhnout a dodržujeme rovinu talíře s přesností $\pm 1^\circ$. Zkoušíme-li samostatně šasi, uložíme je na tuhou desku, jejíž váha je minimálně pětínásobkem váhy šasi. Tato tuhá deska musí být pružně uložena a musí mít vlastní rezonanční kmitočet do 2 Hz. Způsob odpružení šasi je definován výrobcem. Měřicí pracoviště musí být upraveno tak, aby úroveň brumového napětí byla minimálně 20 dB pod nejnižší měřenou úroveň. Důležité je i dodržení svislé síly na hrot a příslušných otáček měřicí desky. Ke kontrole snímaného signálu je vhodný osciloskop.

Kmitočtová charakteristika přenosky se měří pomocí měřicí desky s normovanou záznamovou charakteristikou. Výstup přenosky je třeba zatížit doporučenou impedancí, popřípadě kompenzovat záznamovou charakteristiku korekčním předzesilovačem (při použití rychlostní přenoskové vložky). Měřicí deska má signál zaznamenán plynule nebo skokově. K vyhodnocení lze použít milivoltmetr, výhodnější je však zápis elektromechanickým zapisovačem. Průběh záznamové charakteristiky má být dodržen v těchto tolerancích:

± 1 dB pro pásmo kmitočtů 20 až 100 Hz,

$\pm 0,5$ dB pro pásmo kmitočtů 100 až 10 000 Hz,

± 1 dB pro pásmo kmitočtů 10 až 12,5 kHz.

Stereofonní signál na měřicí desce musí být zaznamenán tak, aby úhel svíraný záznamovými rovinami a normálou k desce byl 45° (drážka $90^\circ \pm 0,5^\circ$). Kmitočtová charakteristika se porovnává s přípustnými tolerancemi. Vhodné měřicí desky jsou např. tyto:

KV 5, KV 11, QR 2007 pro monofonní záznam,

KV 10, KV 12, QR 2009, STR 100 pro stereofonní záznam.

Přeslech kanálů se vyhodnocuje milivoltmetrem na kmitočtech 1 kHz a 6,3 kHz nebo zapisovačem v celém pásmu. Při měření je třeba zajistit, aby rušivý signál byl minimálně o 10 dB níž než přeslechový signál. Velikost přeslechu se s náklonem hlavičky mění. Pro správné měření musí být shodný úhel záznamu s úhlem snímacích systémů. Při měření přeslechu pod 500 Hz se uplatňuje vliv raménka. Vhodné desky jsou např. KV 9, KV 10 a pro zápis v celém kmitočtovém pásmu kmitočtové desky s plynulým záznamem.

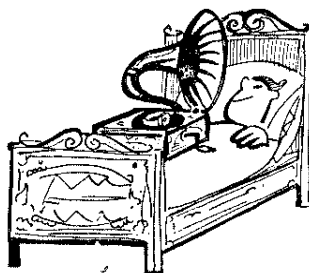
Citlivost se měří deskou, na níž je zaznamenán signál 1 kHz s definovanou záznamovou rychlostí. Naměřená velikost se přepočte na záznamovou rychlost 1 cm/s podle vzorce

$$U_1 = \frac{U_v}{v},$$

kde je U_v – napětí naměřené na výstupu při záznamové rychlosti v ,
 v – efektivní záznamová rychlost.

K měření jsou vhodné KV 5, KV 8, KV 9. Rozdíl citlivosti kanálů vyjadřuje poměr citlivosti kanálů a udává se v dB.

Odchylka od skutečných otáček se měří stroboskopem nebo stopkami. Měří se s přenoskou na desce a při všech rychlostech otáček. Stroboskop má obvykle tři pole stroboskopických značek, jejichž počet je dán vzorcem



$$d = \frac{120 f}{n},$$

kde je f – napájecí kmitočet (50 Hz),
 n – požadovaný počet otáček za minutu.

Střední pole odpovídá skutečným otáčkám, vnitřní větším a vnější menším otáčkám. Značky se jeví jakoby stály tehdy, je-li jedna značka vystřídána druhou za tutéž dobu, jaká je mezi dvěma záblesky zdroje. Je-li rychlost otáčení větší, pohybuje se pole značek ve směru otáčení talíře, je-li menší, pohybuje se proti směru otáčení. Stanovení skutečných otáček lze stanovit výpočtem podle vzorce

$$n = n_0 \left(1 \pm \frac{\Delta k}{k_0} \right),$$

kde je Δk – počet „uteklých“ značek za minutu (+ ve směru otáčení, – proti směru otáčení),

n_0 – předepsané otáčky,

k_0 – počet černých polí pro zvolené otáčky.

Při měření stopkami vypočteme odchylku podle vztahu

$$\Delta = \left(\frac{T}{T'} - 1 \right) \cdot 100 \%,$$

kde je T – 60 s pro 78 otáček,

59,8 s pro 45 otáček,

59,4 s pro 33 otáček,

57,6 s pro 16 otáček,

T' – čas naměřený stopkami.

K měření kolísání se používá deska se záznamem signálu o kmitočtu 3 000 Hz.

Tab. 3. – Tolerance filtru pro vyhodnocování kolísání podle ČSN

Kmitočet [Hz]	Útlum [–dB]	Povolená odchylka
0,2 0,315 0,4	30,6 19,7 15,0	+10, –4 do 0,5 Hz ± 4 dB
0,63 0,8 1,0 1,6 2,0	8,4 6,0 4,2 1,8 0,9	od 0,5 Hz do 4 Hz ± 2 dB
4,0	0	± 0
6,3 10,0 20,0 40,0	0,9 2,1 5,9 10,4	od 4 Hz do 50 Hz ± 2 dB
63,0 100 200	14,2 17,3 23,0	od 50 Hz do 200 Hz ± 4 dB

Vyhodnocuje se podle filtru s průběhem podle tab. 3. Tento psofometrický filtr respektuje fyziologické vlastnosti lidského ucha. Vlastní kolísání kmitočtu zaznamenaného signálu nesmí být větší než $\pm 0,06 \%$. Vyhodnocovací přístroj by měl mít charakteristiku podle tabulky a kmitočtově nezávislou charakteristiku s možností zařazení vnějších filtrů pro analýzu charakteru kolísání. Maximální vertikální házivost může být 1 mm a deska musí být dokonale vystředěna (zvláště při měření kolísání menších než 0,1 %). Vhodnou deskou je například KV 6.

Odstup se měří deskou se signálem 100 Hz o efektivní záznamové rychlosti 1,56 cm/s pro monofonní a 1,1 cm/s pro stereofonní záznam. Za jednotlivými kanály je úsek drážek bez záznamu, které slouží pro vyhodnocení rušivého napětí. Tato drážka musí mít pozadí nižší než -46 dB. Toto pozadí by mělo být vždy o 10 dB nižší než je úroveň rušivého signálu. Poměr rušivého napětí z prázdné drážky k užitečnému napětí 100 Hz z modulované drážky (vyjádřený v dB) se nazývá odstup. Vyhodnocuje se podle filtru z obr. 8. Při jiných podmínkách (např. signál jiné úrovně, jiný vyhodnocovací filtr) přinese měření podstatně jiné výsledky. Také podle DIN 45 500 je udáván Rumpel-Fremdspannungsabstand (odpovídá zhruba měření odstupů podle ČSN) a Rumpel-Geräuschspannungsabstand. Vhodnou měřicí deskou je KV 9.

Svislá síla na hrot se měří dynamometrem tak, že přenoska je zvednuta nad deskou. Udává se v pondzech.

Tato měření slouží k základní informaci o gramofonovém přístroji běžné kvality. Čím je přístroj kvalitnější, tím více vlastností se udává a je proto třeba znát způsoby jejich ověření. Proto se neustále objevují nová kritéria a způsoby měření, které se zpočátku nezdají moc zajímavé. Snad největší pozornost je věnována měření snímacích vlastností přenosky (poddajnost, snímatelnost, křivky mechanické impedance), intermodulačního zkreslení, vertikálního snímacího úhlu a snímání kmitů obdélníkového průběhu.

Snímací vlastnosti lze v oblasti nízkých kmitočtů vyjadřovat tuhostí nebo poddajností. Statická tuhost se určuje pro výchylku 60 μm nebo 100 μm . Poddajnost je převrácenou hodnotou tuhosti a udává se v $\dots \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$. Statická poddajnost C_s pro výchylku 100 μm se vypočte podle vzorce

$$C_s = \frac{10^{-6}}{F} \quad [\text{cm/dyn; p}],$$

kde je F – síla (v pondzech), vychylující hrot z klidové polohy.

Dynamická poddajnost C_d se měří snímáním záznamů ze speciální desky při sledování tvaru výstupního napětí na osciloskopu. Výpočet předpokládá amplitudu záznamu sejmutého bez znatelné deformace. Vypočte se podle vzorce

$$C_d = \frac{A}{9,81 F} \cdot 10^{-6} \quad [\text{cm/dyn; } \mu\text{m, p}],$$

kde je A – amplituda záznamu,
 F – svislá síla v pondzech.

Měřicí deska má nahrána pásma signálu o kmitočtu 100 nebo 300 Hz s postupně se zvětšujícími amplitudami v rozmezí 10 až 50 μm . Vhodnou deskou je např. QR 2008, STR 110 nebo KV 18.

Jako nové hledisko charakterizující snímací vlastnosti vznikl termín trackability, který udává maximální záznamovou rychlost, kterou přenoska bezpečně sejme při určitých kmitočtech akustického pásma. Americká firma Shure vyvinula pro svou nejlepší vložku VI5, typ II, velmi praktickou zkušební desku pro zjištění správného snímání drážky. Tato deska demonstruje schopnost vložky zůstat v trvalém kontaktu s modulací drážky v širokém rozsahu kmitočtů. Deska obsahuje záznam hudebních nahrávek se zvětšující se úrovní záznamu (čtyři hladiny). Poslední hladina je nahrána s takovou záznamovou rychlostí, že chvějka obvykle nestačí sledovat velmi zakřivené drážky záznamu a dochází k přerušení snímání, což se v reprodukci projeví rušivě. První strana obsahuje záznamy pro posouzení snímacích schopností na vysokých a nízkých kmitočtech akustického pásma. První hladina

je základní, ostatní byly zvýšeny elektronickou cestou. Při hodnocení se hladiny 2, 3 a 4 porovnávají se zvukem hladiny 1. Každý nástroj je nahrán samostatně, takže lze snadno rozeznat, v které hladině se projeví špatné snímání. Pro zkoušku snímatelnosti vysokých kmitočtů je na desce záznam orchestrálních zvonků. Špatné snímání zní jako „škrábání“. Pro posouzení snímatelnosti na nízkých kmitočtech je zaznamenán zvuk bubnu. Správný zvuk je hladký, špatné snímání se projeví praskotem při úderu a zvuk bude tvrdý a zřetelně rezonanční. Je nutné ověřit, nejsou-li příznaky špatného snímání způsobeny rezonancí nábytku nebo jiných částí. Při hrubém porušení snímání může hrot vyskočit z drážky. Pro posouzení snímání ostrých přechodů je zaznamenán zvuk bubnu s náhlým přechodem na činele. Na druhé straně jsou zaznamenány elektrofonické varhany, piano, chromatická harmonika a cembalo. Tóny varhan mají být čisté, bez praskavého tónu (vhodné pro posouzení nízkých a středních kmitočtů). Nahrávka piana slouží k posouzení snímatelnosti ve střední části akustického pásma. Harmonika je vhodná pro posouzení snímatelnosti, protože obsahuje harmonické tóny. Nahrávka s cembalem je vhodná pro zkoušku snímatelnosti v oblasti středních a vysokých kmitočtů. Pro posouzení snímání jednotlivých přenosů je vhodné zvolit si kritéria kvality snímání a poznamenávat si, je-li záznam snímán výborně, se zřetelným rušením, nebo není-li snímán.

Komplexní hodnocení snímacích schopností lze technicky udávat křivkami mechanické impedance samotné vložky nebo přenosky. Vložky lze měřit metodou reciprocity, přenosku vhodnou měřicí deskou.

Intermodulační zkreslení se měří deskou, na níž je zaznamenán kmitočet $f_1 = 300$ Hz s maximální rychlostí 6 cm/s a kmitočet $f_2 = 3\,000$ Hz s maximální záznamovou rychlostí 1,5 cm/s. Záznam je stereofonní s vertikálním záznamovým úhlem $\pm 15^\circ \pm 1^\circ$ a musí být kompenzován s ohledem na zkreslení vznikající při použití hrotu se zaoblením 18 μm .

Vyhodnocuje se selektivním voltmetrem nebo lineárním demodulátorem. Selektivním voltmetrem se měří amplitudy kombinačních kmitočtů na výstupu přenosky

$$A_{f_2 \pm f_1}, A_{f_2 \pm 2f_1} \dots A_{f_2 \pm nf_1}$$

a koeficient intermodulačního zkreslení se vypočte podle vzorce

$$k_{\text{IM}} = \frac{\sqrt{(A_{f_2+f_1} + A_{f_2-f_1})^2 + (A_{f_2+2f_1} + A_{f_2-2f_1})^2}}{A_{f_2}} \cdot 100 \%$$

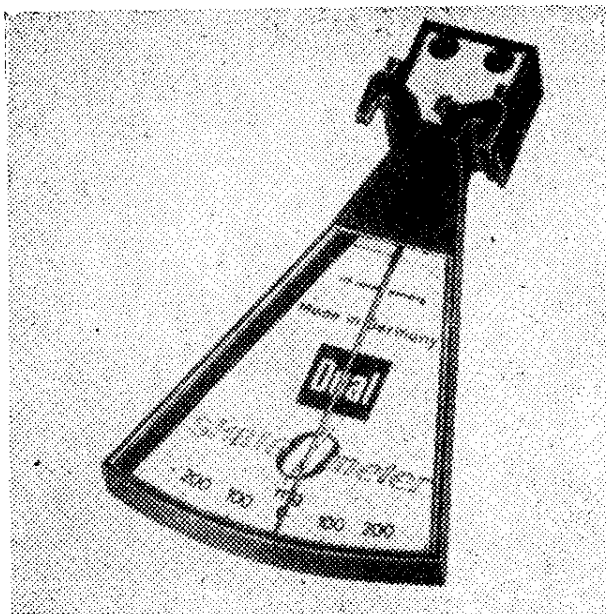
kde je A_{f_2} – amplituda napětí měřicího kmitočtu f_2 .

Při měření lineárním demodulátorem se postupuje tak, že se z výstupního napětí přenosky propustí kombinační kmitočty prvního a druhého řádu včetně f_2 a po lineární detekci této směsi se změří efektivní velikost zbytkového střídavého napětí U_{st} a velikost stejnosměrného napětí U_{ss} na výstupu demodulátoru. Velikost intermodulačního zkreslení je pak dána vztahem

$$k_{\text{IM}} = \frac{U_{\text{st}}}{U_{\text{ss}}} \cdot \sqrt{2} \cdot 100 \%$$

Při měření intermodulačního zkreslení se často používají i jiné kmitočty. Velmi časté jsou např. 400 a 4 000 Hz s poměrem amplitud 4:1. Aby se mohlo intermodulační zkreslení měřit v závislosti na modulaci, jsou desky řezány stoupajícími záznamovými rychlostmi. Vhodné desky jsou např. DGG TM 99011 nebo RCA 12-3-39.

Vertikální snímací úhel se měří speciální měřicí deskou a selektivním voltmetrem. Deska obsahuje hloubkový záznam signálů o kmitočtech $f_1 = 1\,850$ Hz, $f_2 = 3\,150$ Hz a $f_1 = 370$ Hz, $f_2 = 630$ Hz se záznamovou rychlostí 3,8 cm/s. Tyto kmitočty jsou zaznamenány v pásmech pro vertikální úhly 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30° s tolerancí $\pm 1^\circ$. Záznam, při němž se naměří minimální výstupní napětí součtové složky kmitočtů f_1, f_2 , má shod-



Obr. 22. Skatingmetr firmy Dual

ný vertikální úhel záznamu s vertikálním snímáním úhlem přenosky.

Mezi nové způsoby hodnocení přenosů patří snímání kmitů obdélníkového průběhu z měřicí desky. Tato zkouška informativně ukáže, jak je přenoska schopna snímat kmitočtový rozsah.

Důležitější je však zhodnocení tvaru snímaného signálu z hlediska zákmitů, které odhalí rezonance a míru jejich ztlumení.

Speciální je měření „skating-efektu“. Přístroj firmy Dual (obr. 22) měří velikost dostředné síly nebo nastavení anti-skatingu na kterémkoli místě desky. Tento přístroj je sice určen pro přístroje Dual, má upevnění jako hlavičky přenosky, obsahuje však $\frac{1}{2}$ " normalizované uchycení, takže jej lze použít i na jiných přenoskách. Upevní se do přenosky (místo vložky) a hrot měřicího systému se vloží do drážky bez modulace. Na stupnici vidíme, jaké síly na přenosku působí.

Velmi zajímavé je měření rezonance přenosky v pásmu nízkých kmitočtů 10 až 100 Hz. Vhodnou deskou je např. QR 2008. Obsahuje logaritmicky rozmítaný kmitočet v pásmu 10 až 100 Hz s různými záznamy. Doporučuje se použít kvalitní gramofon, aby měření nebylo rušeno hlukem. Při použití kvalit-

ního gramofonu je možné volit 16 $\frac{2}{3}$ ot./min.; pak se přenoska hodnotí v pásmu 5 až 50 Hz (deska je nahrána rychlostí 33 $\frac{1}{3}$ ot./min.). Vhodné je spojení se zapisovačem úrovní.

Využití gramofonu

Gramofonové šasi je prvním článkem reprodukčního řetězce. Pro správné využití šasi je nutné přiblížit se co nejvíce optimálnímu přizpůsobení při připojení zesilovače a reproduktorové soustavy. Nejprve si všimneme připojení zesilovače ke gramofonovému přístroji s piezoelektrickou přenoskou. Piezoelektrické vložky mají kapacitní charakter, krystalové mají kapacitu asi 2 200 pF, keramické asi 600 pF. Zesilovač by měl mít takový vstupní odpor, aby mezní kmitočet vzniklého členu RC byl co nejnižší. Pro $R_z = 1 \text{ M}\Omega$ nastává od mezního kmitočtu asi 70 Hz (pro krystalovou přenosku) pokles nízkých kmitočtů se spádem 6 dB na oktávu. Pro keramickou vložku musí být ještě větší vstupní odpor, aby nebyl znatelný pokles hlubokých tónů. Většina elektronkových zesilovačů má požadovaný vstupní odpor, zvláště pro krystalové přenosky. Pro tranzistorové zesilovače s malým vstupním odporem jsou poměry pro optimální přizpůsobení nepříznivější. Možných řešení je několik, např. připojení paralelní kapacity ke vstupu zesilovače. Aby zůstal $f_m = 70 \text{ Hz}$, je třeba tuto kapacitu zvětšit tolikrát, kolikrát se zmenšil vstupní odpor proti 1 M Ω . Tento zásah vede k odpovídajícímu zmenšení výstupního napětí. Tuto ztrátu musí nahradit zesilovač. Často se však přizpůsobení řeší jinými způsoby, zvláště u méně kvalitních přístrojů. Nejčastěji tím, že se zmenší vstupní impedance zesilovače. Tím ovšem dochází k posunutí mezního kmitočtu asi na 150 až 200 Hz.

Některé zesilovače nemají vstup pro krystalovou přenosku, ale jen pro rychlostní přenosku. Potom lze krystalovou přenosku zapojit jako rychlostní, ne však jen tím, že ji zatížíme malým odpo-

rem a vybavíme korekčním předzesilovačem. Potom totiž dostaneme kmitočtový průběh s poklesem na nízkých a vysokých kmitočtech, a to se spádem 2 dB/okt. směrem k nižším kmitočtům asi od 1 500 Hz a na výškách se spádem 4 dB/okt. Pro správné využití se musí vhodně upravit kmitočtový průběh, čímž se ovšem zmenší výstupní napětí.

Pro připojení reproduktorových soustav je třeba zachovat výstupní impedanci zesilovače a jmenovitou impedanci reproduktorové soustavy spolu s dalšími požadavky pro optimální provoz.

Z gramofonového přístroje lze nahrávat na magnetofon. Tento způsob je snad nejvíce rozšířen pro mnohem lepší kvalitu záznamu než při nahrávání z mikrofону nebo z rozhlasového přijímače (kromě kvalitního vysílání na VKV). Je však třeba upozornit na některé závady, které se negativně projeví v reprodukci. K nahrávce z gramofonu používáme vstup označený „Gramo“. Většina magnetofonů má vstup 1 M Ω s citlivostí 50 až 200 mV. K tomuto magnetofonu lze bez potíží připojit gramofon s piezoelektrickou krystalovou vložkou. Chceme-li poříditi záznam z gramofonu vybaveného magnetodynamickou vložkou, musíme si uvědomit, že přímý záznam není možný. Má-li gramofon vestavěn korekční předzesilovač, který kompenzuje záznamovou charakteristiku a současně zvětšuje výstupní napětí z přenosky, můžeme výstup připojit do gramofonového vstupu magnetofonu. Nemá-li gramofon korekční předzesilovač a je-li předzesilovač v zesilovači, obsahuje obvykle diodový výstup a ten pak propojíme s rozhlasovým vstupem magnetofonu. Nedoporučuje se odebírání signálu ze sekundárního vinutí transformátoru, neboť potom je kmitočtová charakteristika ovlivněna korekcemi, fyziologickou úpravou hlasitosti, vlastnostmi celého zesilovače, výstupním transformátorem atd.

Při propojení síťového gramofonu s magnetofonem se někdy objevuje v nahrávce nežádoucí brum. Jsou-li gramofon a magnetofon v pořádku, bývá příčina ve „dvojím zemnění“, které vznikne propojením „elektrické“ země modulač-

ního kabelu s „mechanickou“ zemí přístroje, kde je navíc propojení nulových vodičů třípramenné síťové šňůry. Proto je vhodné odpojení nulového vodiče. Z bezpečnostních důvodů však musí nulový vodič zůstat připojen alespoň u jednoho přístroje, přičemž musí zůstat propojení „elektrické“ země modulačním kabelem a v přístrojích musí být tato země spojena s mechanickou zemí.

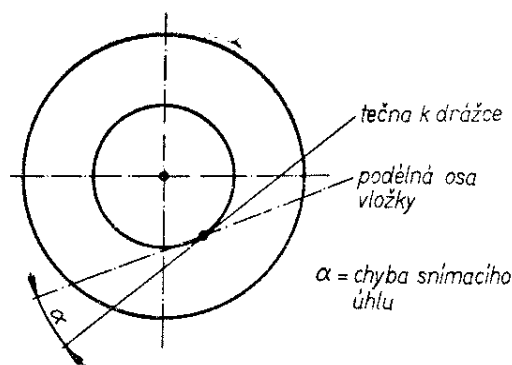
Na závěr této části je třeba znovu upozornit, že při sestavování reprodukčního řetězce je nutné jednoznačné rozhodnutí, jak kvalitní cestu požadujeme a podle toho volit členy řetězce. Chceme-li reprodukční cestu doplňovat k tomu, co již máme, volíme členy podle kvality tohoto přístroje. Přitom je samozřejmé dodržení vzájemného optimálního působení.

Konstrukční požadavky

Na první pohled se mnohému zdá konstrukce gramofonového přístroje jednoduchá. Je-li však naším cílem stavba kvalitního přístroje, musíme splnit mnoho požadavků. Kvalita se dá získat především koncepcí přístroje, dodržením zásadních požadavků a pečlivou stavbou.

Snad nejdůležitější je vzájemné geometrické rozmístění jednotlivých celků. Motorek by měl být co nejvíce vzdálen od přenoskové vložky, těžiště přístroje nemá být v ose talíře. Také tvar přenosky a vzdálenost osy otáčení od osy talíře nelze volit libovolně, ale v určitých závislostech. Všimneme si požadavků na ty části, které lze amatérsky vyrobit.

Nejprve jaké jsou požadavky na tvar, hmotu a vyvážení přenosky. Připomeňme si, že ideální raménko by mělo zaručit rovnoběžnost podélné osy vložky a tečny k drážce desky. Jen v tomto případě odpovídá pohyb hrotu pohybu rydla při řezání desky. Tento požadavek splňují jen radiální raménka, která vedou hrot v radiánu desky (např. Marantz). Konstrukce tohoto raménka je však velmi náročná a proto zůstává nejrozšířenější typ otočný kolem svislé osy. Potom hrot



Obr. 23. Nesouhlas tečny k drážce a osy vložky v bodě dotyku

opisuje přes desku oblouk daný délkou raménka e (obr. 20), čímž se rozumí vzdálenost od osy otáčení k hrotu. Při tomto snímání vzniká chyba daná úhlem mezi tečnou k drážce a osou vložky v bodě dotyku (obr. 23). Tuto chybu snímacího úhlu lze zmenšit zvětšením délky raménka. Také tvar raménka je rozhodující. Geometrickou úvahou lze zjistit, že je výhodné zalomit konec raménka a zvolit polohu osy otáčení tak, aby oblouk opisovaný hrotem sahal za střed talíře o tzv. přesah D (obr. 20). Při tomto uspořádání bude požadavek rovnoběžnosti osy přenosky a tečnou k drážce zachován ve dvou bodech (obr. 24). Průběh chyby snímacího úhlu ukazuje, že směrem od vnějšího okraje desky se zmenšuje k nule, pak roste v opačném smyslu k určitému maximu, od něhož se znovu zmenšuje na nulu a opět roste v původním smyslu. Při návrhu raménka je nutné určit optimální úhel zalomení β a přesah D vzhledem k délce raménka e (obr. 20). Vzorce pro jejich optimální velikosti byly uvedeny v kapitole „Problémy snímání“. Vzorce jsou upraveny z poměrně složitých vztahů za zjednodušujících předpokladů. Existuje mnoho autorů, kteří uvádějí vzorce přesnější, ovšem žádný způsob výpočtu se neobejde bez určitých kompromisů. Prakticky neexistuje ideální výpočet, který by vyhovoval všem požadavkům. Podstatná však zůstává závislost mezi úhlem zalomení a přesahem.

Přenoska je v podstatě vyvážený systém, otočný kolem svislé a vodorovné osy. Při posouzení vyvážení musíme brát

v úvahu statickou i dynamickou rovnováhu. Z hlediska statické rovnováhy by měla být zachována neutrální rovnováha, zvláště ve vodorovné rovině. Neutrální rovnováhou se rozumí, že spojnice těžiště přední části přenosky a těžiště na straně protizávaží by měla procházet osou otáčení. Ve vodorovné rovině lze této rovnováhy dosáhnout několika způsoby:

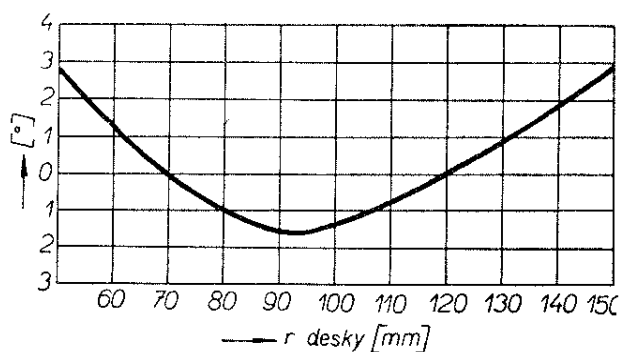
a) přímým raménkem s hlavičkou, jejíž těžiště (i s vložkou) leží na podélné ose,

b) zahnutým raménkem s excentrickým nebo bočním protizávažím,

c) dvojitě zahnutým raménkem.

Zatímco statická rovnováha je určena silami zemské přitažlivosti, uplatňují se u dynamické rovnováhy setrvačné síly. Dynamická rovnováha vyžaduje, aby spojnice těžišť byla vždy kolmá k osám otáčení. Potom se nejméně uplatní zvlnění povrchu a excentricita desek. Při zmenšení setrvačných hmot lze požadavek dynamické rovnováhy zanedbat. Je-li raménko podepřeno bodově, musí být boční vyvážení velmi přesné.

Požadavek na zmenšení efektivní hmoty raménka není dán jen hlediskem dynamické rovnováhy. Při menší hmotě je vedení hrotu v drážce jistější i při působení nepříznivých vnějších vlivů. Kromě toho má hmota raménka vliv na rezonanci f_d . Také vložky s velkou poddajností vyžadují malou hmotu, aby rezonance mechanické soustavy, daná efektivní hmotou a poddajností chvějky, byla pod kmitočtem 20 Hz. Tento požadavek zajišťuje, aby se hluk projevoval co



Obr. 24. Typický průběh chyby snímacího úhlu v závislosti na poloměru desky

nejméně. Rezonanční kmitočet musí být nad 8 Hz, aby se nepříznivě neprojevovaly nerovnosti desek. Určíme-li kmitočet $f_d = 13$ Hz a máme k dispozici vložku s poddajností $c = 25 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn, vypočteme požadovanou efektivní hmotu podle vzorce

$$M_{ef} = \frac{1}{4\pi^2 c f^2} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot 13^2} = 5,7 \text{ g.}$$

Je-li raménko takto voleno, zůstává nad kmitočtem rezonance téměř v klidu a pohybuje se jen chvějka. Pod tímto kmitočtem se pohybuje raménko a chvějka zůstává v klidu.

Velikost efektivní hmoty raménka je určena momentem setrvačnosti. Ten se nejvíce projeví na nejvzdálenější části přenosky; proto se snažíme o odlehčení hlavičky přenosky.

Důležitou podmínkou, zvláště pro poddajné přenoskové vložky pracující s malou svislou silou, je nepatrné tření ložisek. Nadměrné tření by ztěžovalo správné vedení hrotu v drážce.

Protože na hrot v drážce působí mnoho nepříznivých vlivů, je zřejmé, že k posouzení kvality přenosky z hlediska stability hrotu v drážce nestačí znát jen její statickou poddajnost, ale i dynamickou poddajnost změřenou na měřicí desce, při skutečném chodu hrotu v drážce a za působení vlivů, které se v běžném provozu vyskytují. Pro posouzení snímacích schopností přenosky můžeme vypočítat ze sejmuté amplitudy maximální snímanou záznamovou rychlost při měřicím kmitočtu a při zvětšení této hodnoty o 13,1 dB vzhledem k záznamové charakteristice lze stanovit záznamovou rychlost na 1 kHz. Byla-li např. sejmuta amplituda 30 μ m na 100 Hz při 6 p, odpovídá to dynamické poddajnosti $0,5 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn a záznamové rychlosti 1,33 cm/s. Podle nahrávací záznamové charakteristiky je ekvivalentní rychlost na 1 kHz 6 cm/s. Uvážíme-li, že v hudební nahrávce se mohou vyskytnout úrovně mnohokrát větší, je nutné, aby dynamická poddajnost byla minimálně $3 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn.

Přenoska musí mít zaručen vertikální snímací úhel a vyrovnání skating-efektu při určité svislé síle na hrot, doporučené výrobcem vložek.

Z nejdůležitějších prvků, které mají podstatný vliv na kvalitní parametry a zejména na odstup rušivých kmitání, je převod motorku na talíř. Systém převodu točivého momentu k pohonu talíře musí:

a) co nejvíce zamezit pronikání nežádoucích kmitů z motorku do talíře a panelu,

b) nesmí být zdrojem nadměrného kolísání,

c) musí být spolehlivý.

Zvláště podstatnou podmínkou je první bod. Primárním zdrojem nežádoucího kmitání je motorek. Hlavními příčinami chvění je nevyváženost rotujících hmot, nehomogenita magnetického pole, svislé kmitání rotoru, házivost konce hřídele a nepřesná ložiska. Chvění způsobené nevyvážeností je sice částečně tlumeno vlastní hmotou motorku, přesto však je nutné dynamické vyvažování rotorů na speciálním vyvažovacím stroji. Základním konstrukčním požadavkem z hlediska chvění je takové umístění motorku, aby se chvění z motorku co nejméně přenášelo. K tomu slouží pružné závěsy a převod s co největším zatlumením. Pružné uložení by mělo mít vlastní kmitočet níže, než je nejnižší složka kmitání. Uložení motorku s 1 400 ot/min. by mělo například kmitat v oblasti asi 10 Hz, protože nejnižší složka kmitání motorku je asi 24 Hz. Většina ostatních příčin se dá zmenšit pečlivou výrobou a montáží (zvláště pečlivě je třeba vyrobít hřídele a ložiska).

Nejjednodušším řešením přenosu otáček na talíř je mezikolo. Toto řešení není vhodné pro kvalitní přístroje, je však možné je použít v kombinaci s převodem pryžovým řemínkem. Výborných výsledků lze dosáhnout přímým náhonem pryžového řemínku na talíř. Toto řešení je výhodné pro jednorychlostní přístroje.

Velikost talíře a jeho váha ovlivňují kmitočet vlastního kmitání talíře. Ložiska pohonného ústrojí mají přímý vliv na kolísání a odstup. Proto je třeba věnovat velkou pozornost jakosti kluzných

ploch na hřídeli a v ložiskovém pouzdru. Výhodnější je ložisko v talíři a hřídel připevněný dolním koncem na panel. Z hlediska kolísání je také důležitá váha talíře. Zjednodušeně se dá říci, že se zvětšováním setrvačné hmoty se bude kolísání zmenšovat. Nejvhodnější je talíř ze zinkové slitiny, jehož váha se pohybuje od 1,8 do 2,5 kg.

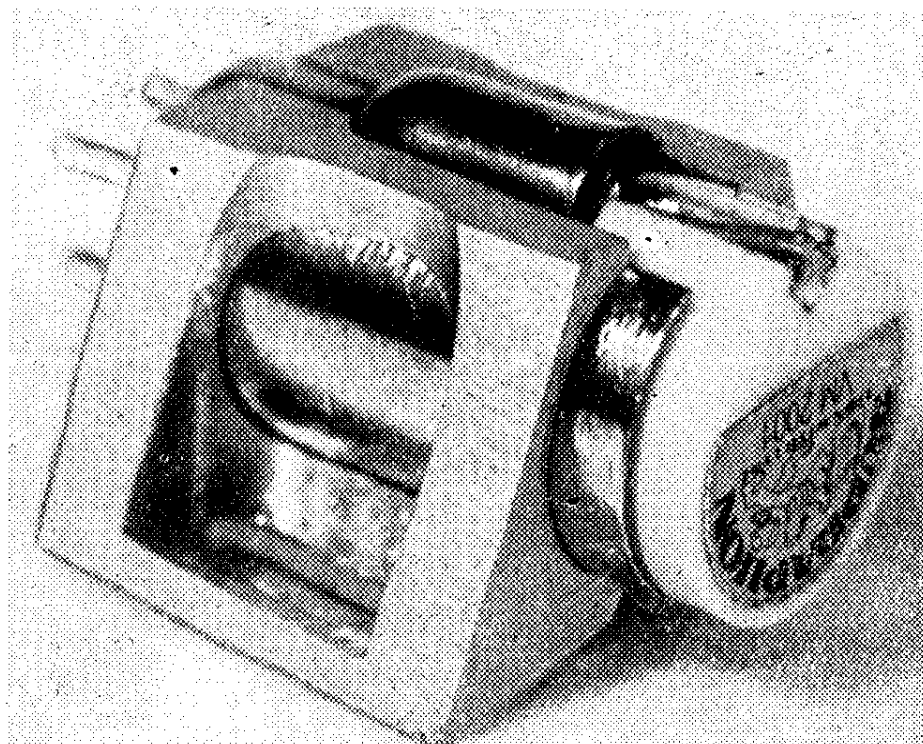
Koncepce kvalitního šasi

Při návrhu kvalitního šasi je třeba komplexně zvážit všechny vzájemné vztahy a požadavky, které jsou pro kvalitní šasi podstatné. Při volbě koncepce je nejdůležitější částí přenoska a pohonné ústrojí.

Určujícím činitelem pro návrh přenosky je přenosková vložka, kterou chceme použít. Jakost přenoskové vložky je z velké části dána jejím principem a samozřejmě také optimální konstrukcí. Nejlepší výrobce přenoskových vložek na světě, americká firma Shure, dospěla při řešení velmi kvalitní vložky tak daleko, že použila k optimálnímu návrhu analogový počítač. Jde konkrétně o nejlepší

světovou vložku Shure SUPER-TRACK V15, typ II, která se vyznačuje výbornými snímacími vlastnostmi při velmi malé svislé síle na hrot (0,75 p). Je tedy zřejmé, že řešení kvalitní vložky je velmi složitým a komplexním problémem, který je třeba řešit nejmodernějšími metodami.

V zahraničí existuje velmi mnoho kvalitních přenoskových vložek. Nejčastěji je použit magnetodynamický princip (např. vložky Shure V15, typ II, M75, M75G, M75E, M44-5, M44-7, M44-C, M44-G), Pickering V15/AM-2, Elac STS444E, STS444I2, STS322E). Velmi kvalitní jsou také vložky firem ADC (220, 770, 660, 660E, Poin Four/E, 10/E), Bang & Olufsen (SP1, SP6, SPG), Ortofon S15-T a SL15, Stanton (500AA, 500E, 851AA, 581EL). Všechny tyto vložky jsou rychlostní a vyžadují kompenzaci korekčním předzesilovačem. Existují však i kvalitní piezoelektrické vložky, například krystalová Elac KST110, keramické Grado (BT/R, BR, A-2, BE) a Couston SCU1. U nás je situace horší. Zatím se vyrábějí krystalové vložky VK311, k výrobě jsou připraveny keramické vložky a také první magnetodynamická vložka VM2101 (obr. 25). Cena zahraničních vložek je od



Obr. 25. První čs. magnetodynamická vložka VM2101

80 DM až do 340 DM. Před rokem se na našem trhu objevilo několik set vložek Shure M44-7. Škoda, že jen tak málo. Velmi kvalitní vložky mají přibližně tyto vlastnosti: snímací hrot je většinou z diamantu a má kulovitý nebo eliptický tvar (značený E). Kmitočtový rozsah je v pásmu 4 dB od 60 Hz do 8 000 Hz. Přeslech na 1 kHz je —25 dB, doporučená svislá síla na hrot 0,75 až 3 p, statická poddajnost $25 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn. Rychlostní vložky těchto vlastností mají předpoklad výborně splnit požadavky na kvalitní snímání záznamu s velkými úrovněmi. Podle údajů Grado Laboratories o keramické vložce A-2 je vidět, že i piezoelektrické systémy lze vyrobit se statickou poddajností $20 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn.

Přenoskové raménko je další základní částí kvalitního gramofonového přístroje. Zde se nabízí možnost koupit hotové kvalitní raménko, ze zahraničních např. Shure SME3009 a 3012, Thorens TP14, nebo P1101 – výrobek n. p. Tesla Litovel, který představuje špičkovou úroveň (objeví se na trhu koncem roku), což je ovšem finančně náročné. Schůdnější cestou je amatérská stavba kvalitního a výrobně nenáročného jednobodově uloženého raménka podle amerického patentu firmy Stanton, které je vhodné pro vložky s malou svislou silou na hrot (asi 1 p). Nevýhodou tohoto raménka je závislost na kvalitě použité přenoskové vložky.

Při konstrukci přenosky je třeba dodržet zásady, které byly uvedeny v části „Požadavky na konstrukci“. Navíc je třeba vzít v úvahu zásadní použití uzavřeného profilu raménka (tj. kruhového nebo obdélníkového) z lehkého materiálu, kvalitních ložisek s hrotovým uložením v kamenech a poddajných vývodů z přenosky, které neovlivní tuhost raménka.

Úspěšné řešení gramofonu, u něhož chceme dosáhnout dobrých vlastností, značně závisí na kvalitě převodu točivého momentu na talíř. Konstrukce a koncepce této skupiny součástí určuje podstatnou měrou konečné kvalitativní parametry, zejména odstup rušivých signálů a kolísání. Požadovaná hodnota odstupu rušivých signálů —40 dB je natolik náročná, že nedovoluje zvolit přímý převod z klad-

ky elektromotorku třecím mezikolem na talíř. Nabízejí se dvě řešení:

a) kombinace řemínkového převodu s třecím (jako je tomu u Hi-Fi HC410, výrobek n. p. Tesla Litovel). Nevýhodou tohoto řešení je na amatérskou dílnu značná složitost;

b) talíř poháněný pryžovým řemínkem. Toto řešení je jednoduché a pro amatéry nejdostupnější. Nevýhodou je poměrně dlouhý rozběh a nebezpečí vzniku pomalého kolísání, které však lze odstranit těžkým talířem. Tyto systémy převodů umožňují použití jakéhokoli gramofonového motorku, synchronního i asynchronního s dostatečným výkonem. Pak již nemusíme klást tak náročné požadavky na chvění a vyvážení rotorů.

Další podmínkou kvalitních přístrojů je poměrně těžký talíř (z hlediska kolísání). Velkou péčí je třeba věnovat ložisku talíře. Nejlépe se osvědčila ložiska bronzová. Hřídel, na němž se talíř otáčí, musí být kalen a dokonale opracován broušením a lapováním 0,05 až 0,025 μ m. Jako hřídel lze s výhodou použít jehlu valivých ložisek (nejvhodnější průměr je 6 až 7 mm). Tyto jehly mají výborné vlastnosti, tření je malé, rovnoměrné a dosáhneme tak téměř bezhlučného chodu. Běžně používaný průměr talíře je 300 mm a váha přibližně 2,5 kg. Statické vyvážení talíře je nezbytným požadavkem.

Charakteristickým rysem kvalitních gramofonových přístrojů je pružné uložení a upevnění jednotlivých skupin součástek (zvláště motorku), uložení panelu ve skřínce, popřípadě odpružení celého přístroje pryžovými nožkami. Podstatné je dokonalé odpružení motorku. Z hlediska konstrukce samostatného gramofonu se jeví jako výhodnější upevnění panelu ve skřínce „napevno“ a odpružení skříňky pryžovými nožkami. Tato

kombinace zlepší odstup rušivých kmitů tím, že se zvětší hmota panelu. Toto řešení nelze použít u hudebních skříní, kde se může uplatnit zpětná akustická vazba.



Technické vlastnosti navrhovaného šasi

V této části jsou technické vlastnosti gramofonového přístroje, jehož podrobný popis a konstrukční návrh s montáží najdete v další kapitole. Technické vlastnosti byly vyhodnoceny podle dosud platné čs. normy ČSN 36 8401 a podle Hi-Fi normy DIN 45 500. Požadované vlastnosti podle obou norem jsou přehledně uspořádány v tab. 1.

Měření byla uskutečněna za podmínek uvedených v normě, s raménkem P1101 a s raménkem navrhovaným. Při měření byla obě raménka osazena magnetodynamickou přenoskovou vložkou Shure V15-II (Super Track).

Technické údaje navrhovaného šasi

- a) napájecí na řetí 220 V;
- b) příkon 3 VA;
- c) jmenovité otáčky 45, 33 ot./min.;
- d) kmitočtová charakteristika (obr. 26) je podle ČSN v I. jakostní třídě a bohatě splňuje požadavek podle DIN 45 500. Pro obě raménka byl změřen stejný průběh, proto byl uveden jen u P1101;
- e) přeslech (obr. 26) na 1 kHz je pro pravý kanál —27 dB, pro levý —24 dB. Na 6 kHz je pro pravý —20 dB a pro levý —16 dB. Splňuje požadavky I. třídy ČSN a DIN 45 500 v pásmu 500 až 6 300 Hz;
- f) citlivost na 1 kHz pro pravý kanál 0,84 mV, pro levý kanál 0,8 mV při záznamové rychlosti 1 cm/s;
- g) rozdíl citlivosti 0,42 dB splňuje podmínku I. jakostní třídy ČSN a také DIN 45 500;
- h) obě raménka lze s použitou vložkou používat při svislé síle 0,75 p. S balzovým raménkem lze snímat běžné nahrávky i při svislé síle 0,3 p;
- i) od skutečných otáček lze nastavit prakticky nulovou odchylku;
- k) odstup rušivých signálů pro monofonní provoz je —43 dB, pro pravý kanál —41 dB, pro levý —42 dB, což splňuje požadavky obou norem. Měření bylo uskutečněno na fólii, která má odstup pozadí asi —50 dB;
- l) dynamická poddajnost pro navrhované raménko z balzy je $28 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn a pro P1101 $25 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn.

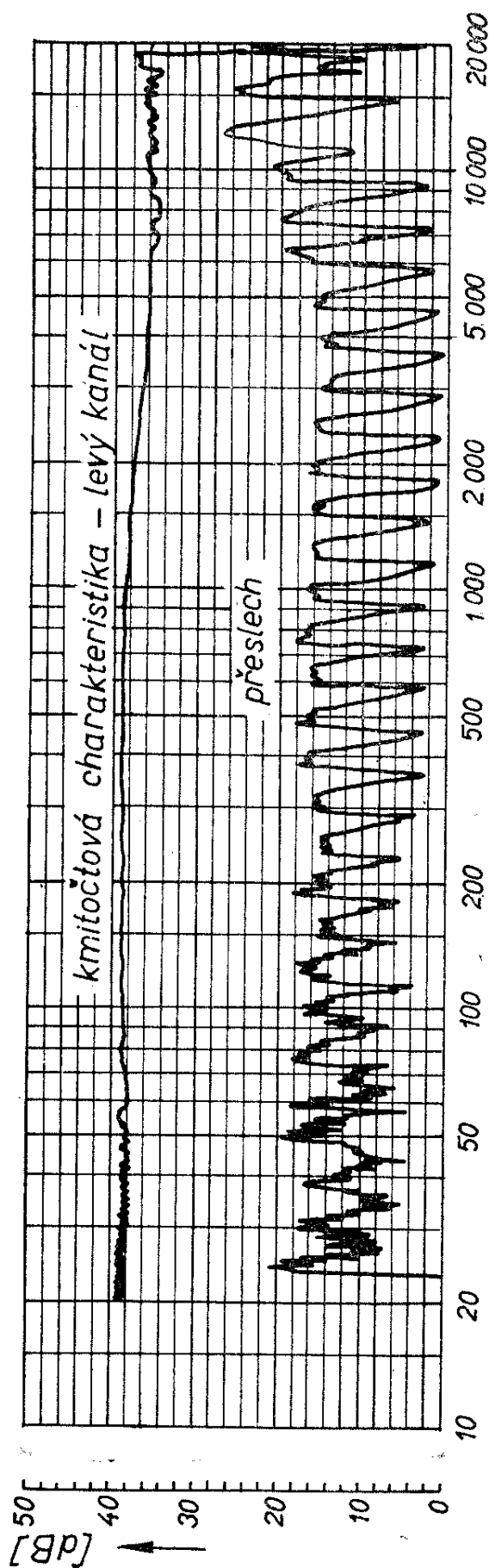
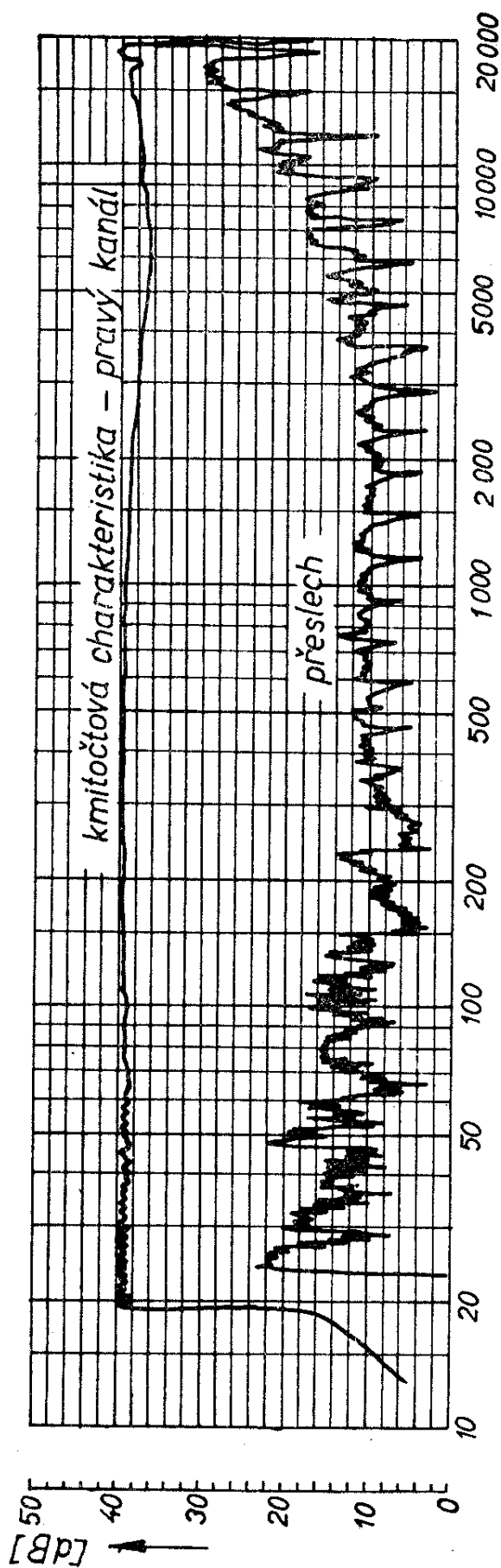
Zhodnocení ukazuje, že při zvolené koncepci navrhovaného šasi lze dosáhnout výborných vlastností, které splňují nejvyšší požadavky a přístroj může právem nést označení Hi-Fi. Navrhované raménko je velmi výhodné pro velmi poddajné vložky.

Konstrukční návrh

(Výkresy všech jednotlivých detailů a fotografie dílčích sestav jsou na konci této kapitoly na str. 42 až 51).

Základním stavebním prvkem navrhovaného gramofonu je dřevěný rám (24), na němž je upevněn pohybový mechanismus a panel s přenoskou. Rám lze zhotovit z tvrdého dřeva nebo laťovky. Spojení v rozích lze řešit několika způsoby: polodrážkou, čepy nebo na pokos. Spojení na pokos je nejjednodušší, vyžaduje však vyztužení rohů klíny. Při použití tvrdého dřeva dosáhneme kvalitní povrchové úpravy pouhým namořením a nalakováním. Jinak musíme rám dýhovat nebo polepit samolepicí imitací dýhy. Konečným úpravám musíme věnovat dostatečnou pozornost, protože výrobek neplní jen technickou funkci, ale je součástí bytového interiéru. V zadní části rámu vyřízneme otvor pro desku s výstupním konektorem a síťovou zásuvkou. Dno rámu je opatřeno čtyřmi pryžovými nožičkami.

V levém zadním rohu rámu je umístěn na výztužném klínu držák motorku (28). Je připevněn třemi vruty a zhotoven z ocelového plechu tloušťky 1,5 mm. Elektromotorek je na držák zavěšen přichytnou deskou (32), vložkou z molytanu (29) a dvěma pryžovými řemínky (31). Výhodné jsou pásy o šířce asi 4 mm. K pohonu můžeme použít libovolný motorek s dostatečným výkonem a s pravotočivým směrem otáčení. Máte-li k dispozici synchronní motorek typ SMz 375/R (výrobce n. p. Aritma, závod Nový Bor), odstraníte hned několik problémů. Tento motorek udržuje konstantní otáčky, které ovlivňuje jen kmitočet sítě. Motorek je pravotočivý a má

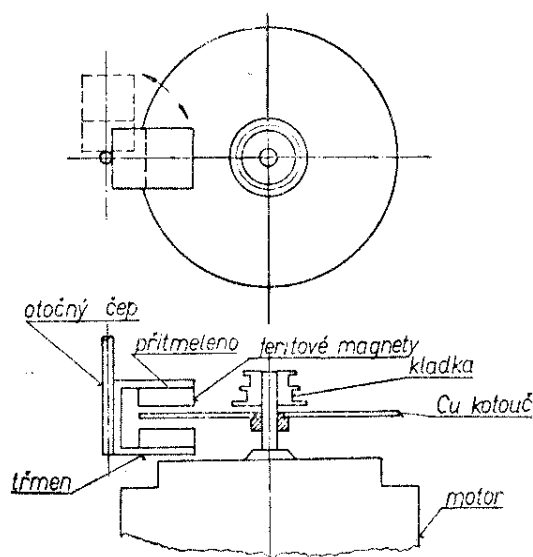


Obr. 26. Kmitočtová charakteristika přenoskové vložky Shure VI5-II v raménku P1101

při 50 Hz 375 ot./min. Těmto otáčkám odpovídá kladka o velkém průměru, takže řemínek neproklouzává. Základní vlastnosti motorku: napájecí napětí 120 V (220 V), příkon 2,5 VA, průměr hřídele 1,5 mm, záběrový moment 12 pcm a synchronní moment 36 pcm.

Druhým vhodným typem motorku pro pohon je asynchronní gramofonový motorek MT6 a jeho varianty, vyráběné n. p. Tesla Litovel. Motorek je však levotočivý, proto je třeba změnit směr jeho chodu. Rozebereme jej, obrátíme stator a opět pečlivě složíme. Pokud rotor zachycuje o stator, poklepeme ještě kladívkem na štíty. Správně běžící motorek má doběh kolem 8 s. Při skládání musíme dbát, aby rotor (jeho kovový svazek) vyčníval asi 1 mm nad stator. Zpravidla je statorový svazek prohnutý, takže je nutné vložit do spodního štítu pod kuličku ocelovou planžetu o průměru asi 3 mm a tím dosáhnout požadovaného přesazení. Tímto zásahem odstraníme vibraci, která vzniká vtahováním rotoru do středu statorového svazku. Základní vlastnosti tohoto motorku: napájecí napětí 220 V (120 V), 1 380 ot./min., příkon 10 W. Nevýhodou asynchronního motorku je potřeba jemné regulace otáček nebo pracné individuální upravení kladky pro každý přístroj.

K jemné regulaci otáček slouží nejčastěji brzda (obr. 27), která pracuje na



Obr. 27. Princip magnetické brzdy

principu magnetické indukce. V měděném kotouči vznikají působením magnetického pole feritových magnetů vířivé proudy, jejichž účinky působí proti směru otáčení motorku. Otáčky se regulují otáčením magnetů nad kotoučem. Náš konstrukční návrh magnetickou brzdou nepoužívá. Pro konstruktéry, kteří by však použili k pohonu gramofonového přístroje asynchronní motorek, popíšeme postup zhotovení magnetické brzdy.

Na mosazné pouzdro narazíme měděný kotouč o průměru 56 mm a tloušťce 1,6 mm. Kotouč nesmí vertikálně házet, aby vzduchová mezera mezi póly magnetu byla co nejmenší (3 mm). Feritové magnety jsou přilepeny Epoxy 1200 ke kovovému třmenu a třmen s magnety je přišroubován na otočném čepu. Pomocí tohoto čepu se natáčí nad měděným kotoučem. Aby brzda správně pracovala, musíme zvětšit průměr kladky asi o 15 %.

Vysoké otáčky vyžadují malé průměry kladky, takže dochází ke značnému proklouzávání hnacího řemínku.

Kladka (33) je upevněna červíkem M3 na hřídel motorku. Uvedené průměry kladky jsou nezávazné, protože otáčky ovlivňují další faktory, např. tloušťka a napnutí řemínku. Kladka je konstruována pro motorek SMz 375. Její průměr volíme vždy o něco větší a konečnou úpravu děláme přímo na motorku jehlovým pilníkem. Výsledek kontrolujeme stroboskopickým kotoučem. Při náhonu řemínkem není na závadu ani poměrně značná nesoustřednost kladky a také kvalita opracování není podstatná.

Ke zhotovení pryžového řemínku (34) poslouží měkká modelářská pryž, kterou lze koupit v prodejnách pro modeláře. Nejvhodnější rozměr je 2×2 mm. Délka řemínku a tím i jeho napnutí by měly být takové, aby nedošlo k vyklánění motorku. Při lepení je třeba dodržet tento postup: konce řemínků šikmo seřízneme, natřeme lepidlem na veloduše a necháme pět minut schnout. Pak je pevně přitiskneme k sobě a necháme důkladně zaschnout. Řemínek nesmí být při lepení překroucen.

Nyní se budeme zabývat výrobou a sestavením kompletního talíře. Do rámu

je zapuštěn a šesti vruty připevněn kovový nosník (37), zhotovený z ocelového plechu o tloušťce 2 mm. K nosníku je čtyřmi šrouby M4 připevněn držák hřídele talíře (38), do něhož je hřídel talíře (36) nasazen a zajištěn šroubem M4. Jako hřídel byla použita ložisková jehla o průměru 6 mm (ČSN 02 3693). Výhodou této jehly je velká tvrdost 60 HRC a kvalitní opracování. Průměr 6 mm zajišťuje malé a rovnoměrné tření v ložisku. Jehly vyrábí n. p. Igla Trhové Sviny. Nepodaří-li se tuto jehlu získat, můžeme ke zhotovení jehly použít materiál (kulatinu o \varnothing 6 mm) z kvalitní oceli, např. ocel 19 221 (stříbrnice). Povrch jehly musíme kvalitně opracovat – lapovat, jinak jde toto řešení na úkor vlastností (odstup) přístroje.

Výrobně nejnáročnější a nejsložitější je gramofonový talíř (47). Tuto práci je vhodné svěřit do rukou odborníka, pokud nemáme k dispozici kvalitní soustruh a chybí nám potřebná soustružnická praxe. V návrhu je použit jako výchozí materiál odlitek z hliníkokřemíkové slitiny Al-Si-13. Odlitky vyrábí Družstevní podnik strojírenský, Praha 10, Bulharská 10 – odbytové oddělení Bulharská 11.

Předpokladem výroby kvalitního talíře je zhotovení středového otvoru a obvodu talíře na jedno upnutí. Horní rovina je mírně zkosená ke středu (asi o $1/2^\circ$), aby nedocházelo k prokluzování gramofonových desek. V otvoru talíře je zalisováno bronzové ložisko (49), zhotovené z materiálu 42 3016.21. Horní část ložiska talíře je uzavřena středícím čepem (45). Čep je nalisován do otvoru 10H7 a zajištěn kroužkem (44), který je přišroubován třemi šrouby M3 se zapuštěnou hlavou. Do ložiska je vložena polyetylenová vložka (50) o tloušťce 1 mm, o kterou je opřena kulička o průměru 6 mm (ČSN 02 3680). Kulička tvoří protihrot hřídeli talíře.

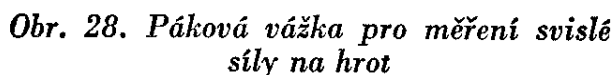
Nezbytným úkolem při výrobě talíře je jeho statické vyvážení. Vyvažujeme jej odvrtáváním materiálu na obvodovém prstenci. Vhodný průměr otvorů je asi 8 mm. Vyvažování má podobný postup jako vyvažování brusných kotoučů. Talíř narazíme na trn o průměru 6 mm,

položíme na dvě nožová pravítka, jejichž hrany jsou ve stejné výši a ve vodorovné poloze. Na nich necháme volně otáčet talíř, který se vždy ustálí těžší částí dolů; v tomto místě materiál odvrtáme. Tento postup opakujeme tak dlouho, dokud talíř nezůstává stát v libovolné poloze. Talíř vyvažujeme hned po nalisování ložiska.

Další důležitou součástí kvalitního šasi je přenoska schopná pracovat s co nejmenší svislou silou na hrot (pod 1,5 p), která splňuje i další požadavky kvalitních přenosek. Specifikace tohoto raménka spočívá v co nejmenší vlastní hmotě, minimální tuhosti ve všech pohybových směrech, zatlumení vlastní rezonance a kompenzaci skatingu. Aby bylo dosaženo minimální hmoty celé přenosky, je raménko zhotoveno ze dvou balzových nosníků. Balza současně účinně tlumí vlastní rezonanci. Je sice méně pevná než kov, v tomto případě je však výhodnější.

Zmenšení tuhosti v pohybových směrech bylo dosaženo speciální konstrukcí podle amer. patentu No 299 3698. Raménko je bodově uloženo v achátovém ložisku a jako podpěra (11) slouží ocelová jehla. Hrot jehly je vhodné zakalit nebo nahradit safírovým hrotem (lze použít hrot číselníkového úchylkoměru ČSN 25 1811 – výrobek Somet Teplice v Č.). Aby vývody z raménka neovlivňovaly negativně jeho tuhost, bylo navrženo toto řešení: vývody od vložky jsou z běžného kablíku. Blízko podpěry je kablík připájen na svorkovnici (10), vyrobenou metodou plošných spojů. Vývody z raménka jsou připájeny na tuto svorkovničku; jsou z lakovaného měděného drátu o průměru 0,05 mm a připájeny na svorkovnici z cuprextitu (51). Svorkovnice a výstupní konektor jsou propojeny opět kablíkem.

Kompenzace skatingu je řešena klasickým způsobem, tj. výměnným závažím (40) zavěšeným na tenké silonové niti a působícím přes podpěru (41) na zadní část raménka. Váha závaží se řídí podle velikosti svislé síly na hrot a představuje 1/10 této váhy (vztaženo k délce raménka). Správné nastavení antiskatingu je třeba ověřit zkouškou na hladké části desky (bez drážek) nebo na skleněné des-



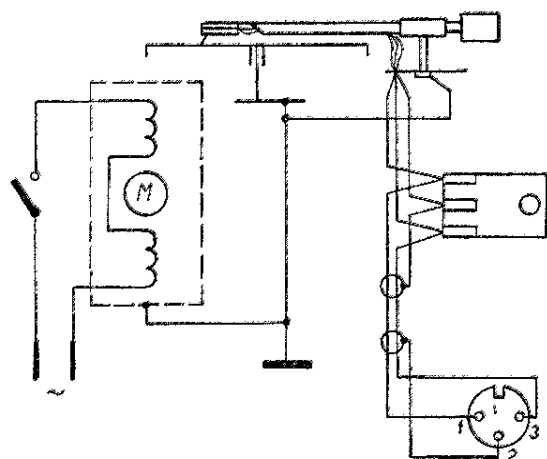
Raménko vyvažujeme kovovým excentrickým závažím (13) nastaveným tak, aby udržovalo boční stabilitu raménka a současně zajistilo jednobodový dotyk v ložisku. Svislá síla na hrot je nastavitelná posuvným běžcem (39). K změření velikosti svislé síly a k případnému zhotovení stupnice na raménku slouží vážka (obr. 28). Proti náhodnému sesmeknutí z podpěry je raménko zajištěno ochranným třmenem (4), který je trvale nastaven několik desetin mm nad raménkem. Pro snadnou obsluhu je raménko doplněno třecím zvedáčkem (8). Raménko se odkládá na stojánek (5) a mimo provoz je zajištěno třmenem (4).

Funkční zkoušky potvrdily, že toto raménko lze použít i při svislé síle menší než 0,3 p, je však třeba zvážit schopnosti použité vložky. Tak např. vložka Shure V15-II snímala spolehlivě desky Supraphon při svislé síle 0,25 p. Je samozřejmé, že toto raménko je naprosto nevhodné pro vložky s malou poddajností. O to výhodnější je však ve spojení s velmi poddajnou vložkou, která dosahuje dynamické poddajnosti přes $20 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn, jako např. Shure V15-II, M75, M55 nebo Elac STS444E, STS44412 apod.

Výroba raménka je velmi jednoduchá. Z balzové desky tloušťky 4 mm uřízne-me žiletkou dva 8 mm široké nosníky podle náčrtku. Uděláme v nich drážku pro kablík a slepíme je modelářským lepidlem. Tvarové řešení hlavičky závisí na použité vložce, vkusu a možnostech každého výrobce. Náš návrh je co nejjednodušší a je upraven pro vložku V15-II. V hlavičce jsou zalepeny dvě matice M 2,6 pro uchycení vložky. Rozteč matic je mezinárodně stanovena na 12,7 mm. Horní část hlavičky je zakryta krytem (2) z eloxovaného hliníkového plechu, který je přilepen Kovofixem. V místě, kde se dotýká táhlo zvedáčku (16) přenosky, je nalepen proužek molitanu (9), který zatlumí chvění přenosky při působení zvedáčku. V objímce (12) je nalepeno achátové ložisko o vnějším průměru 1,5 mm. Objímka je navlečena na slepený balzový nosník. Není-li k dispozici achátové ložisko, nahradí jeho funkci důlek v objímce, vyhloubený vhodně tvarovaným důlčíkem. Zajišťovací třmeny jsou upevněny na stojánek a podpěru pryžovým kroužkem (6). Za objímkou (12) je v raménku zasazeno očko pro uchycení nitky antiskatingu. Jednotlivé díly zvedáčku zhotovíme podle náčrtků. Třetí plochy zvedáčku natřeme silikonovou vazelinou a tím dosáhneme plynulého chodu. Rychlost zvedání nastavujeme maticí M4, která stlačuje pružinu. Instalace přenosky a její spojení je konečnou montáží celého přístroje.

V poslední fázi výroby kvalitního šasi zhotovíme základní desku (25), která nese mechanismus řazení, ovládací prvky a přenosku. Použijeme překližku tloušťky 10 mm, dobře vyschlou a rovnou, aby nedošlo k deformaci desky při dalším zpracování. Vyřežeme do ní otvor pro talíř a přenosku a dbáme přitom na dodržení montážní vzdálenosti přenosky, to jest vzdálenosti středu talíře od svislé osy přenosky. Dále vyřízneme otvor pro síťový spínač, musíme však zahлубit panel podle tvaru spínače do hloubky 5 mm.

Nejdůležitější práce spočívá v dokonalé povrchové úpravě panelu. Boční stěny zatmelíme a necháme dobře



Obr. 29. Schéma elektrického zapojení gramofonového přístroje

zaschnout. Po zaschnutí je přebrousíme jemným skelným papírem a nalakujeme černým matovým lakem. Na horní plochu základní desky zhotovíme okrasnou masku stejných rozměrů (26) z kartáčovaného nebo eloxovaného hliníkového plechu o tloušťce 0,5 mm. Takto upravená základní deska působí velmi efektně. Není-li k dispozici dokonalý materiál na zhotovení okrasné masky, je třeba zvolit jiný způsob povrchové úpravy. Lze doporučit dýhování umělou nebo přírodní dýhou, popřípadě zatmelení celé základní desky a nalakování (nejvhodnější jsou odstíny šedé barvy).

V základní desce vyvrtáme otvor o \varnothing 8 mm pro vodičí pouzdro řazení (56), který ze spodní strany zahlubíme do hloubky 4 mm podle velikosti průměru příchytne matice (55).

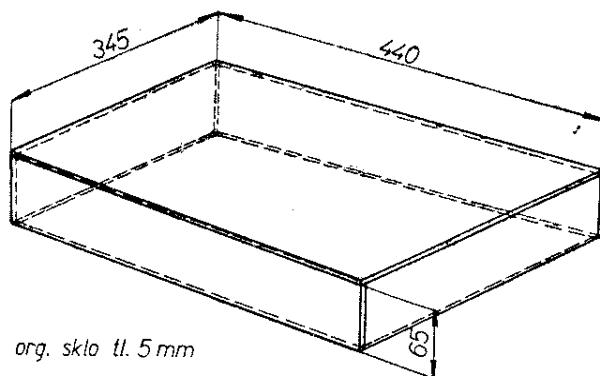
Okrannou masku přilepíme Kovofixem a necháme dobře zaschnout. Po zaschnutí ji důkladně zalícujeme se základní deskou. Vestavíme přenosku, připevníme na vidlici knoflík řazení a na talíř nasadíme pryžovou tlumicí podložku. Pro navržené šasi byla použita podložka z přístroje NC410, lze však použít i podložku z jiného šasi, popřípadě podložku z tenkého molitanu (má však nevýhodu v tom, že chytá prach).

Po ukončení montáže šasi přistoupíme k elektrickému zapojení podle obr. 29. Propojíme síťový spínač, zásuvku a mo-

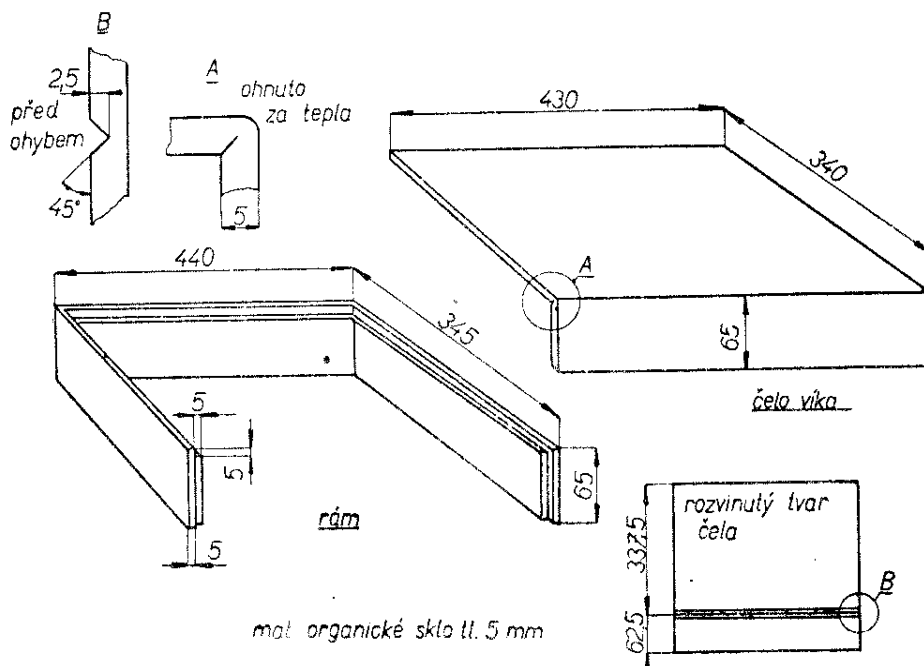
torek vodičem BGC 0,5. Vývody od motoru vyvedeme měkkým lankem, aby se chvění motoru nepřenášelo na šasi. Uzemníme přenosku, držák jehly talíře a motorek na zem síťové zásuvky. K uzemnění použijeme vodič BGC 0,75, motorek opět uzemníme lankem.

Nakonec vestavíme a zapojíme přenosku a máme gramofonový přístroj připraven ke zkušebnímu provozu a k ověření dosažených vlastností. Doporučujeme nechat přístroj zaběhnout asi 10 hodin. Po této době demontujeme talíř, vypláchneme ložisko technickým benzínem, namažeme jemným olejem a opět složíme. Ke kontrole dosažených vlastností potřebujeme mnoho speciálních přístrojů a pomůcek. Snadno lze kontrolovat otáčky stroboskopickým kotoučem, který je na obr. 32. Jsou-li otáčky rychlejší, zmenšíme jehlovým pilníkem průměr kladky. Jsou-li otáčky pomalejší, můžeme kladku nalakovat a tím zvětšit její průměr.

Vhodným, účelným a vzhledově velmi působivým doplňkem gramofonového přístroje je odklopné víko z organického skla. Nejvhodnější tloušťka organického skla pro daný účel je 4 až 5 mm. Lze je koupit v prodejnách „Potřeby pro domácnost“. Na desku z organického skla nakreslíme všechny obdélníkové části krytu podle obr. 30. Materiál rozřežeme rámovou pilou nebo listem pilky na kov. Řežeme poněkud dále od rysek, protože řez není ideálně rovný a velmi často dochází k drobení okrajů. Hrany jednotli-



Obr. 30. Kryt gramofonového šasi – první způsob řešení



Obr. 31. Kryt gramofonového šasi – druhý způsob řešení

vých dílů zarovnáme ostrým hoblíkem nebo pilníkem. Rovinu hran překontrolujeme rovným dřevěným pravítkem. K lepení si připravíme lepidlo z chloroformu, v němž rozpustíme malé kousky organického skla. Hrany, které přilehnou k sobě, potřeme opatrně lepidlem, jednotlivé části k sobě rychle přiložíme, zatížíme a necháme zaschnout. Lepit můžeme také samotným chloroformem, popřípadě jiným ředidlem, které rozpouští organické sklo. Zasychání postupuje velmi rychle; proto je vhodné lepení vyzkoušet na kousku odpadu a tak předejít znehodnocení drahého materiálu. Přes všechno úsilí se pravděpodobně nepodaří slepit víko dokonale a bez hublinek. Tento nedostatek odstraníme ocelovým plechem, v němž vypilujeme pravoúhlý zářez. Hloubka zářezu je dána tloušťkou použitého materiálu. Takto upraveným plechem zdrsníme hrany slepeného víka. Tím zdůrazníme hrany, zakryjeme vady vzniklé lepením a víko dostane efektní vzhled.

Zvolíme-li zhotovení víka ze dřeva a organického skla, postupujeme takto: zhotovíme podle obr. 31 dřevěný rám, v němž je osazení pro část z organického skla. Postup výroby části z organického skla je stejný jako u první varianty. Uřízneme přední a horní desku víka vcelku a opracujeme. V místech hrany

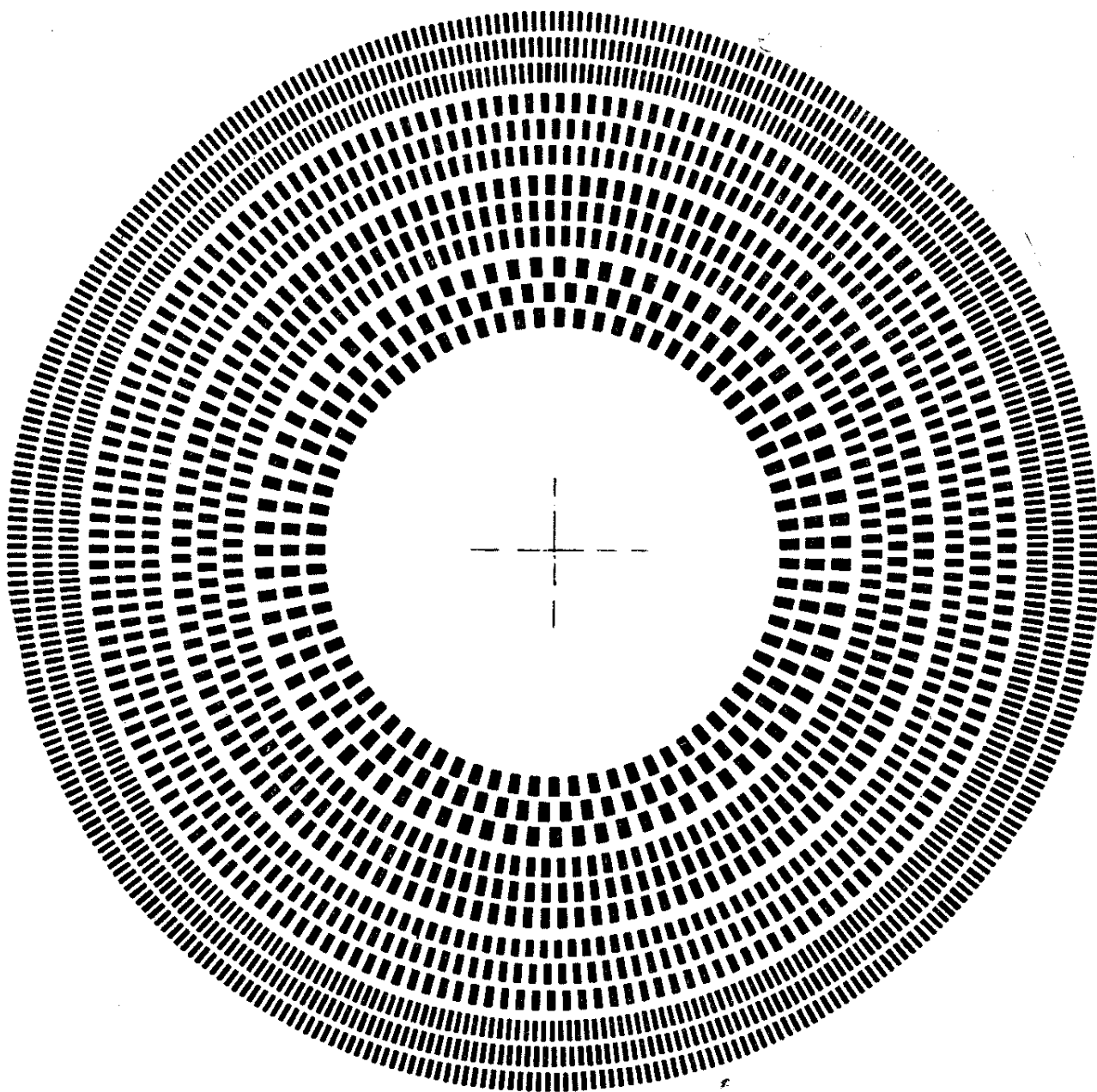
vyfrézujeme do poloviny tloušťky materiálu drážku. Organické sklo v těchto místech nahřejeme a ohneme. Dosáhneme ohybu o malém poloměru, který nám usnadní drážku. Takto zhotovenou horní část víka vsadíme do dřevěného rámu a přichytíme osmi hřebíčky. Jsou-li části z organického skla přes veškerou snahu a opatrnost poškrábány, lze je vyleštit brusnou pastou s hadrovým kotoučem. Víko můžeme opatřit závěsy a vzpěrou, čímž usnadníme obsluhu přístroje.

Jako příslušenství doporučujeme zhotovit dva jednoduché měřicí přípravky: stroboskopický kotouč a váhu pro měření svislé síly na hrot. Stroboskopický kotouč (obr. 32) je měřicí přípravek, který slouží ke kontrole a nastavení správných otáček gramofonového talíře. Kotouč umožňuje nastavit otáčky v rozsahu $\pm 2\%$ od jmenovitých. Správné měření závisí na kmitočtu napětí použitého světelného zdroje. Kotouč na obr. 32 platí pro kmitočet 50 Hz. Měření je založeno na stroboskopickém jevu. Pro každý počet otáček jsou na kotouči tři řady značek. Trojice jsou od sebe odděleny větší mezerou a jsou seřazeny v pořadí 78, 45, 33, 16 ot., počítáme-li od středu kotouče. Při měření musí být kotouč osvětlen doutnavkou nebo zářivkou (stačí i běžná žárovka, zhorší se však ostrost rozlišení značek). Ideální otáčky jsou na-

staveny tehdy, zastaví-li se v příslušné trojici značky ve střední řadě, značky vnitřní řady se zpožďují (pohybují se proti směru otáčení talíře) a značky vnější řady se předbíhají (pohybují se ve směru otáčení talíře). Horní hranice otáček, tj. $+2\%$ je dosaženo tehdy, zastaví-li se značky ve vnitřní řadě a značky ve střední a vnější řadě se předbíhají. Dolní hranice otáček (-2%) je dosa-

ženo tehdy, zastaví-li se značky ve vnější řadě a značky ve střední a vnitřní řadě se zpožďují. Je-li překročena hranice $+2\%$, pohybují se značky ve všech třech řadách ve směru otáčení talíře, je-li překročena hranice -2% , pohybují se značky ve všech třech řadách proti směru otáčení talíře.

Ke zhotovení kotouče použijeme obr. 32, který ofotografujeme, zvětšíme a při-



Obr. 32. Stroboskopický kotouč. Trojice značek – počítáno od středu kotouče – platí pro rychlosti 78, 45, 33 a 16 otáček. Jednotlivé řady – opět od středu kotouče – jsou pro tyto počty otáček za minutu: 80, 78, 76 – 46, 45, 44 – 34, 33, 32 – $17\frac{1}{3}$, $16\frac{2}{3}$, 16

lepíme na hliníkový kotouč nebo starou gramofonovou desku.

Váha je v podstatě dvouramenná páka, která má na delším rameni stupnici v gramech. Základní destičku zhotovíme podle obr. 28 z mosazného plechu o tloušťce 1 mm. Asi 10 mm od středu připájíme podpěru, která je 1,5 mm vy-

soká. Na konec kratšího ramene připájíme závaží. Velikost závaží vyzkoušíme tak, aby stupnice začínala od jednoho gramu. Stupnici ocejujeme dynamometrem nebo přesným závažím. Rysky vyryjeme rýsovací jehlou, vážku vy-
leštíme a natřeme bezbarvým sapono-
vým lakem nebo poniklujeme.

Seznam jednotlivých dílů a materiálu

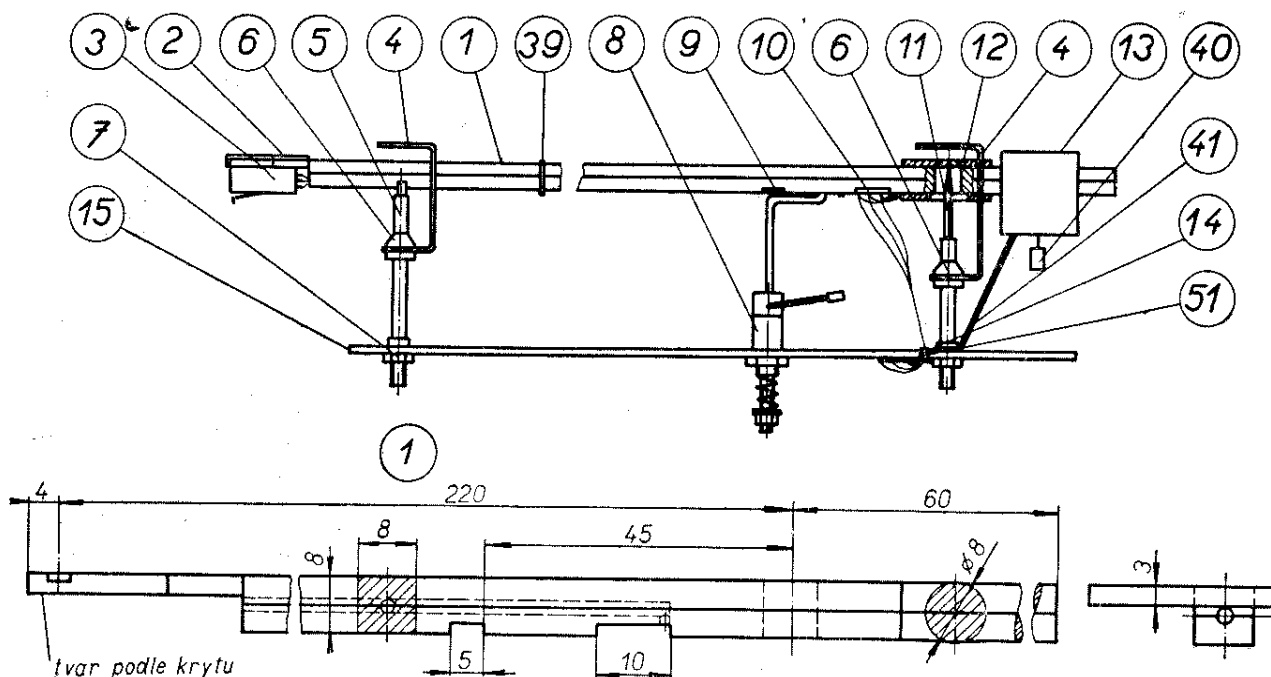
<i>Přenoska</i>				
1	balzové raménko	1	balza 8 × 8 × 350	lakováno
2	kryt vložky	1	Al plech 0,5 30 × 25	leštěno-mořeno
3	vložka	1	Shure V15-II	
4	zajišťovací těmen	2	ocel Ø 1,5 × 60	leštěno-niklováno
5	stojánek	1	ocel Ø 7 × 55	niklováno
6	pryžový kroužek	2	pryž	
7	matice M4	2		zinkovat
8	zvedáček	1		
9	tlumičí podložka	1	molitan 1 5 × 8	
10	svorkovnice	1	cuprextit 8 × 10	
11	podpěra	1	ocel Ø 7 7 × 55	niklovat
12	objímka	1	Al plech 1 40 × 25	leštěno-mořeno
13	závaží	1	ocel Ø 25 25 × 24	leštěno-niklováno
14	hadička	1	PVC Ø 3	
15	základní deska	1	- není třeba vyrábět	
	kablík	1	300 mm	
	matice M2,6	2		zinkovat
<i>Zvedáček</i>				
16	táhlo zvedáčku	1	ocel Ø 2, Al Ø 4	niklovat
			Ø 2 × 80; Ø 4 × 50	niklovat
17	narážka	1	mosaz 2 8 × 18	
18	vačka	1	Al 12 × 8 × 15	
19	tělo zvedáčku	1	Al Ø 12 × 35	mořeno
20	matice M8	1		zinkovat
21	tlačná pružina	1	struna 0,3	
			Ø 6; 10 závitů	
22	podložka 4	1		zinkovat
23	matice M4	1		zinkovat
<i>Šasi</i>				
24	rám	1	laťovka 20	mořeno-leštěno
25	základní deska	1	překlička 10 440 × 345	
26	maska	1	Al plech 0,5 440 × 345	kartáčovat
27	řazení	1		
28	držák motorku	1	ocel plech 1,5 × 105 × 70	zinkovat
29	tlumičí vložka	1	molitan 20 50 × 70	
30	motorek	1	Aritma	
31	pryžový řemínek	2	veloduše	š. 4
32	přichytná deska	1	ocel. plech 1 50 × 70	zinkovat
33	kladka	1	Al Ø 36 Ø 36 × 26	
34	pryžový řemínek	1	pryž 2 × 2, d. 800 mm	
35	talíř úplný	1		
36	jehla Ø 6	1	ČSN 02 3693	
37	nosník	1	ocel. plech 2 70 × 355	zinkovat
38	držák hřídele talíře	1	Al 20 50 × 110	
	pryžové nožičky	4	pryž	
	spodní kryt	1	překlička 5 335 × 420	
<i>Antiskating</i>				
39	běžec	1	ocel Ø 2 × 35	niklovat
40	závaží antiskatingu	1	ocel Ø 6 Ø 6 × 5	niklovat
41	podpěrka	1	ocel Ø 1 Ø 1 × 80	niklovat
	silonová nit	1	10 cm	

Talíř

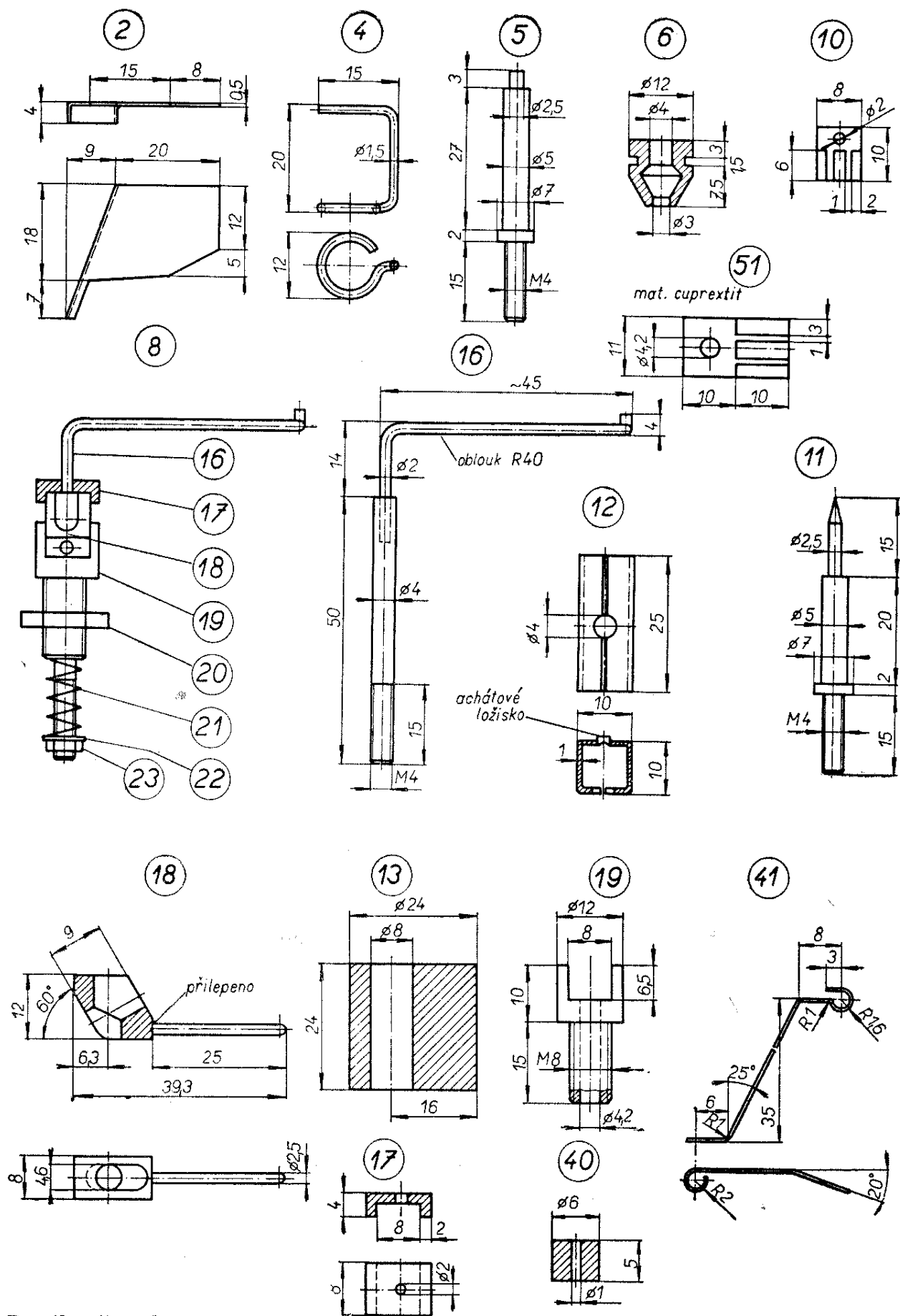
42	pryžový talíř	1	Ø 300	černý
43	krycí kruh	1	Al 1 Ø 102	kartáčovat
44	zajišťovací kroužek	1	ocel Ø 30 Ø 10 × 2	zinkovat
45	čep talíře	1	ocel Ø 10 Ø 10 × 32	niklovat
46	kulička Ø 6	1	ČSN 02 3680	
47	talíř osoustružený	1	odlitek Ø 300	
48	šroub M3 × 6	3	zapuštěná hlava	
49	ložisko	1	bronz Ø 10 Ø 10 × 30	
50	podložka	1	polyetylén 1 Ø 6	
51	plošný spoj	1	cuprextit 10 × 20	
52	konektorová deska	1	ocel 1 130 × 35	lakovat
53	vidlice	1	ocel Ø 1,5 × 120	zinkovat
54	vedení	1	mosaz 1 10 × 25	
55	matice M8 × 0,75	1	ocel Ø 16 × 2	zinkovat
56	pouzdro	1	Al Ø 10 × 12	
57	knoflík řazení	1		
	konektor	1		
	zásuvka	1		
	síťová šňůra	1		
	síťový spínač	1		
	vrut 3 × 30	4	přichycení zákl. desky	
	šroub M4	3	přichycení držáku motorku	
	matice M4	3	přichycení držáku motorku	
	podložka 4	3	přichycení držáku motorku	
	šroub M4 × 8	4	přichycení držáku hřídele nosníku	
	šroub M3 × 5	3	přichycení nosníku	
	vrut 3 × 15	6	přichycení nosníku k rámu	
	šroub	6	přichycení konektorové desky	
			a konektoru se zástrčkou	
	matice M3	6	přichycení konektorové desky	
			a konektoru se zástrčkou	
	podložka 3	6	přichycení konektorové desky a	
			konektoru se zástrčkou	
	šroub M4 × 12	1	přichycení jehly	
	modelářské acetonové lepidlo a Kovofix.			

V rozpisce je u všech ocelových součástí doporučena povrchová úprava zinkováním. Pro velkou část amatérů je však

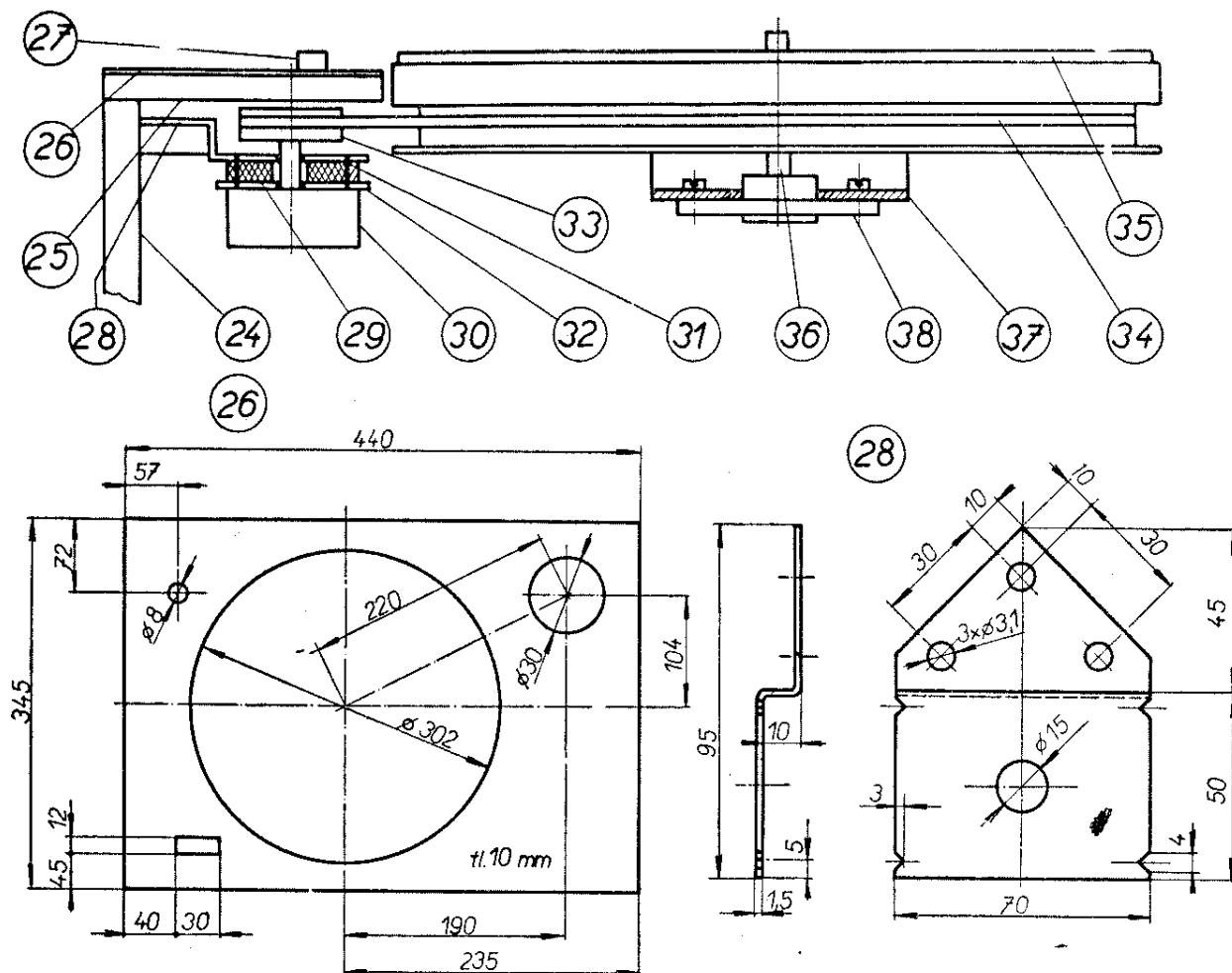
tato úprava nedostupná a ve většině případů ji plně nahradí lakování.



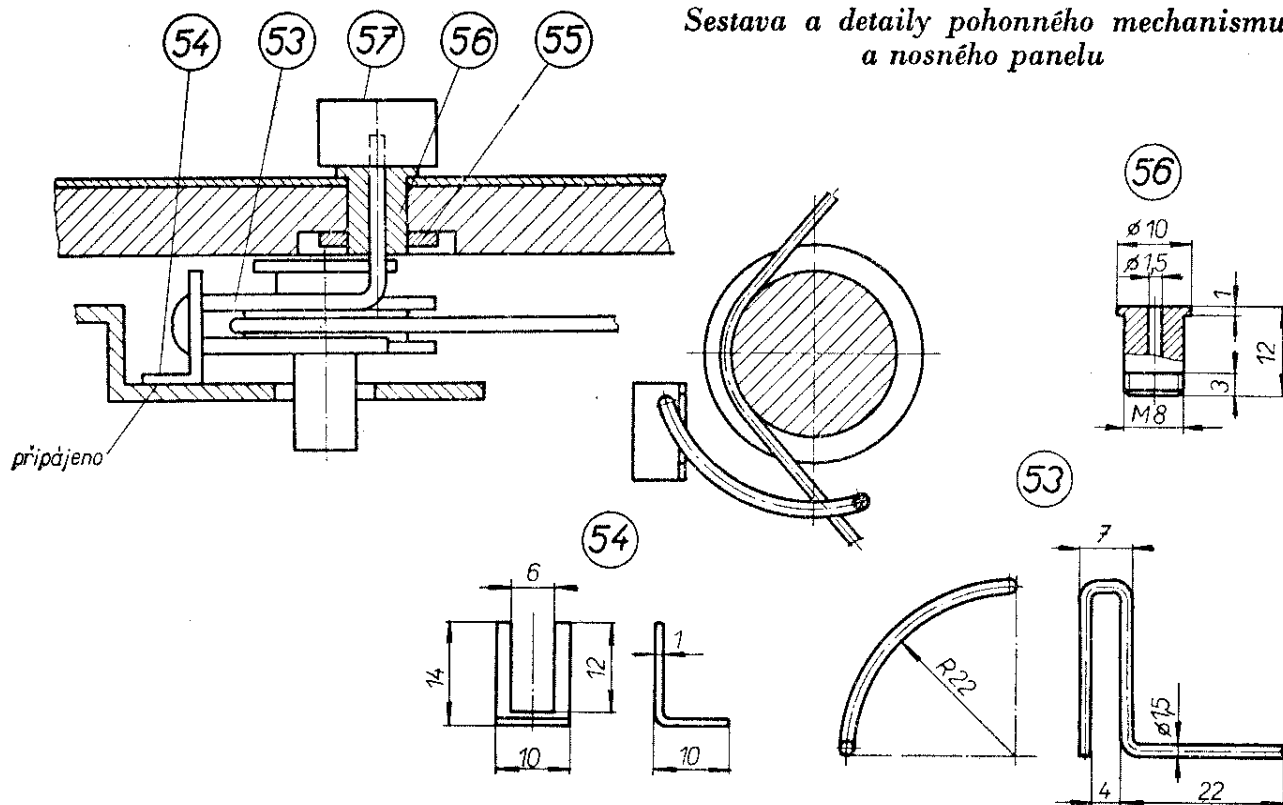
Sestava a jednotlivé díly přenosky



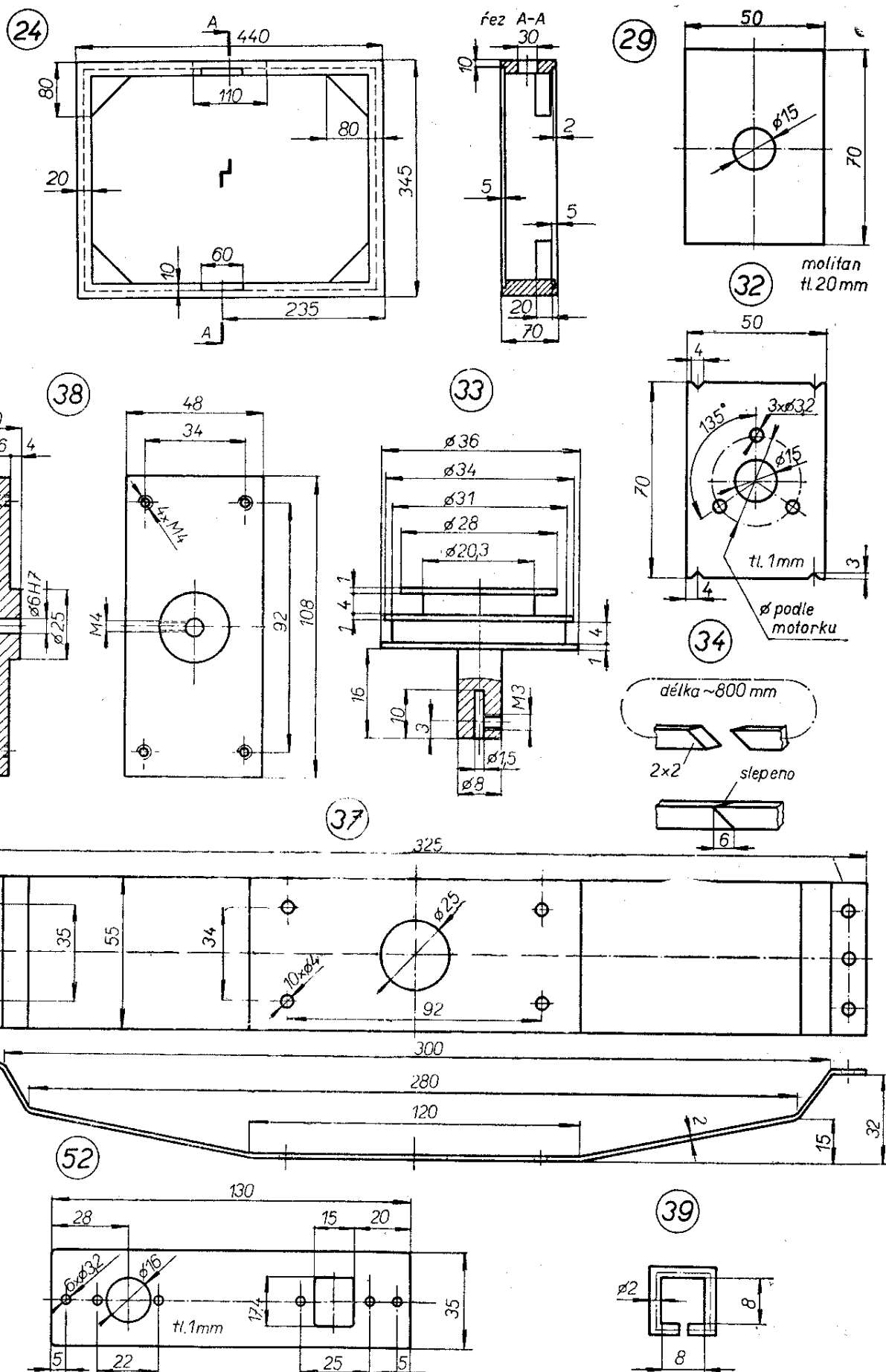
Detaily přenosky



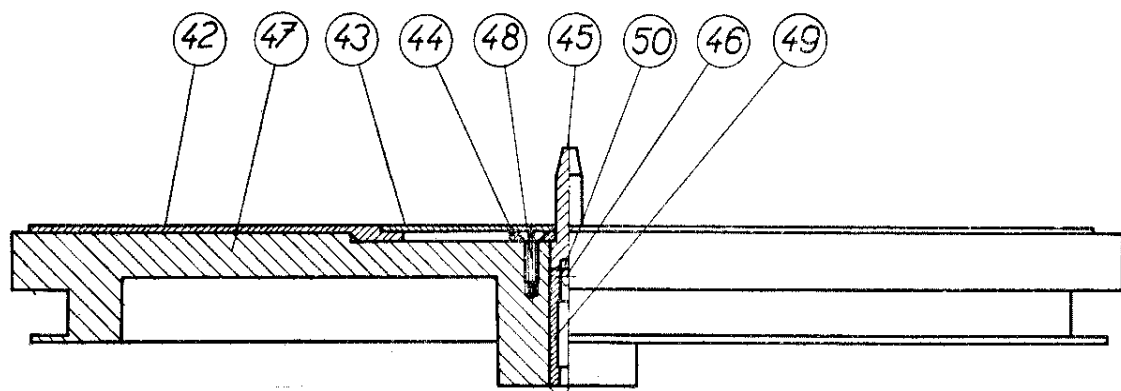
Sestava a detaily pohonného mechanismu
a nosného panelu



Mechanismus řazení

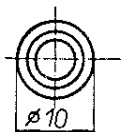
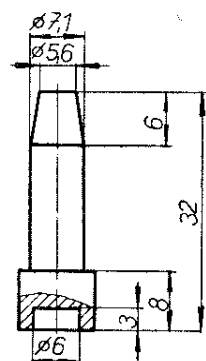


Detaily pohonného mechanismu a nosného panelu (det. 37 viz foto, str. 49)

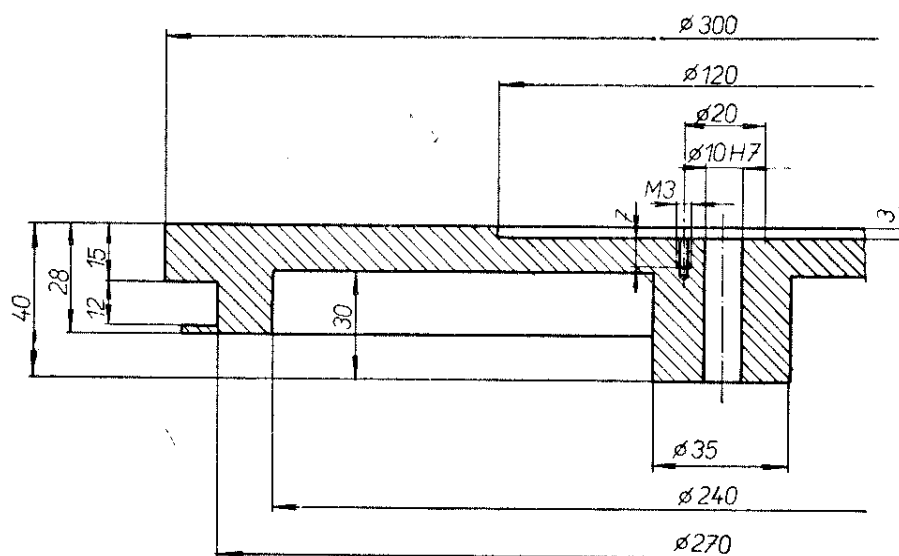


45

47

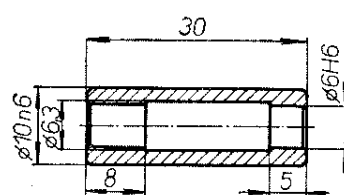
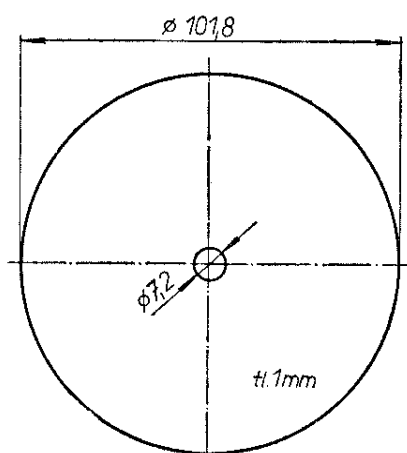


43

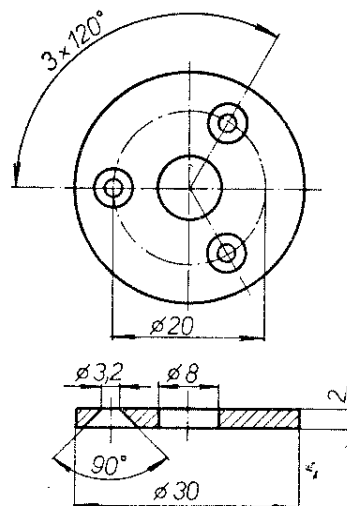
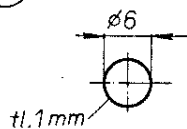


49

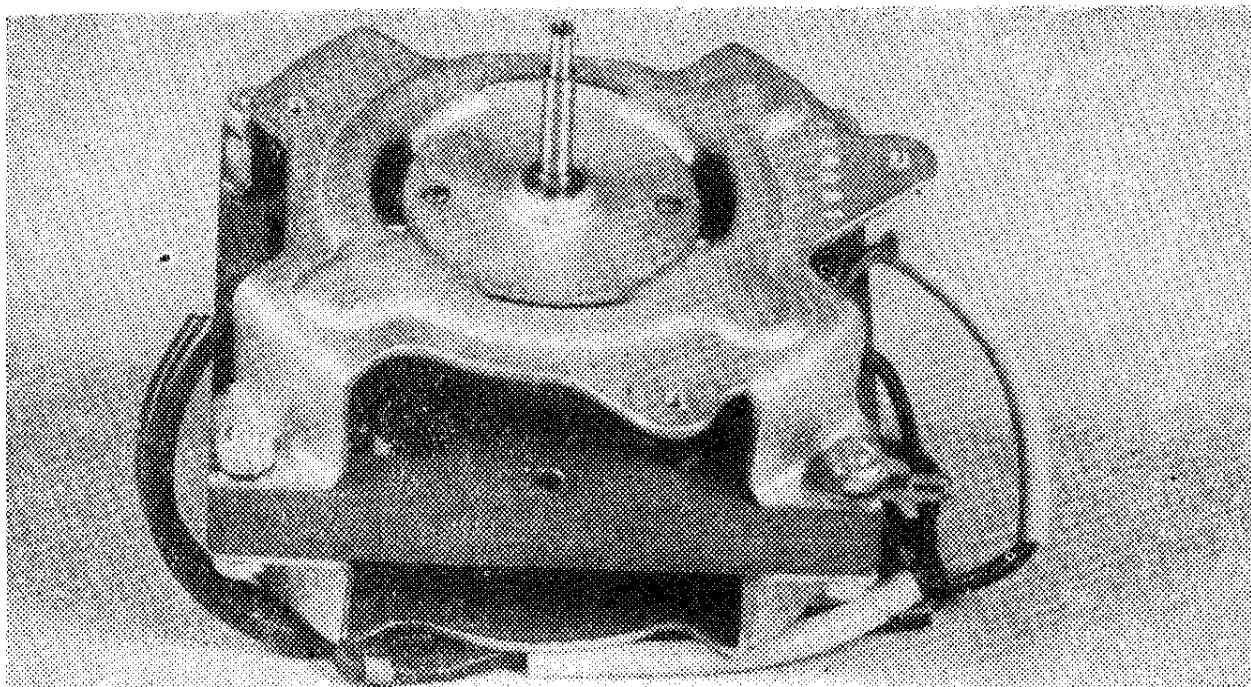
44



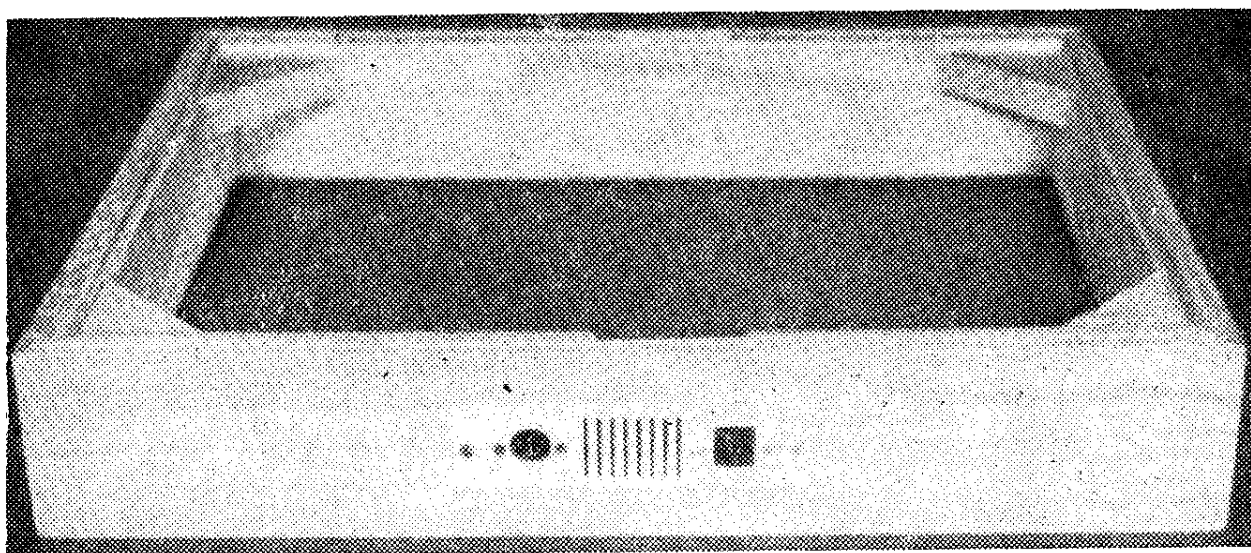
50



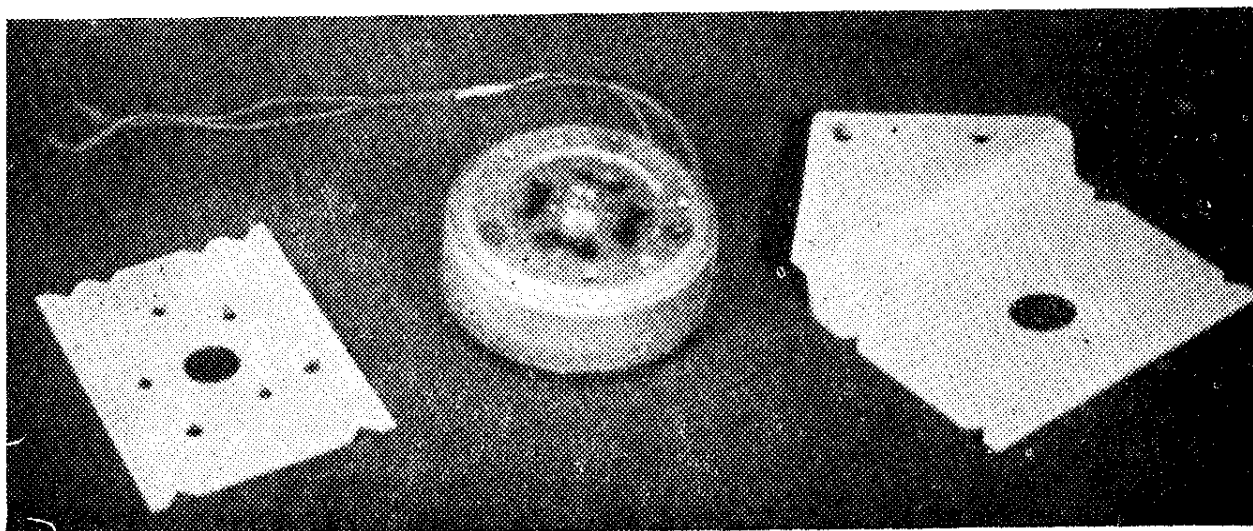
Sestava a jednotlivé díly gramofonového talíře



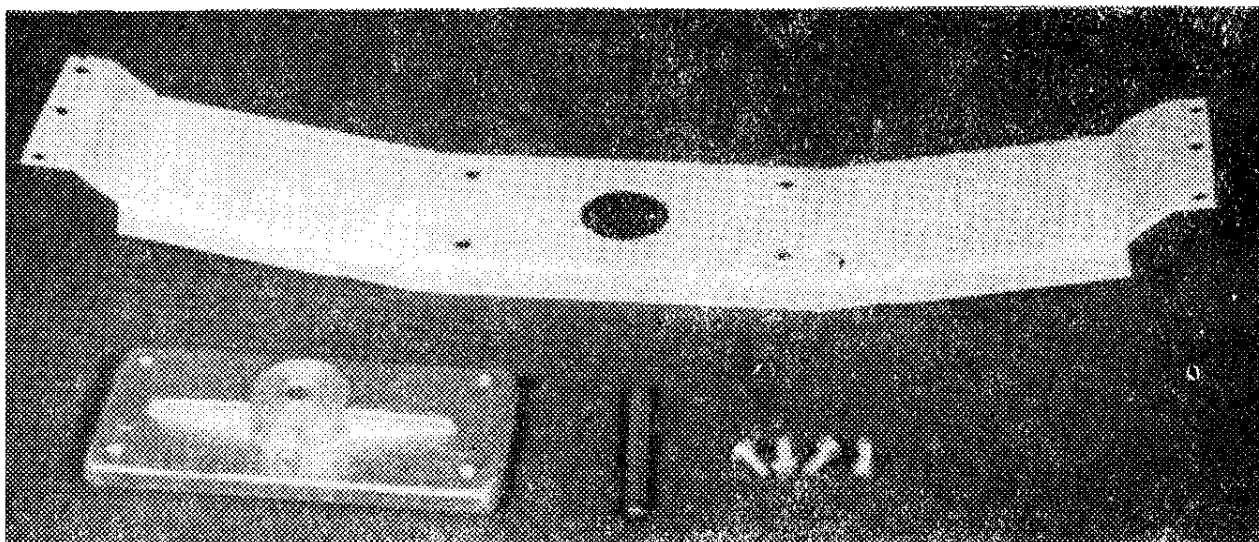
Motorek MT6



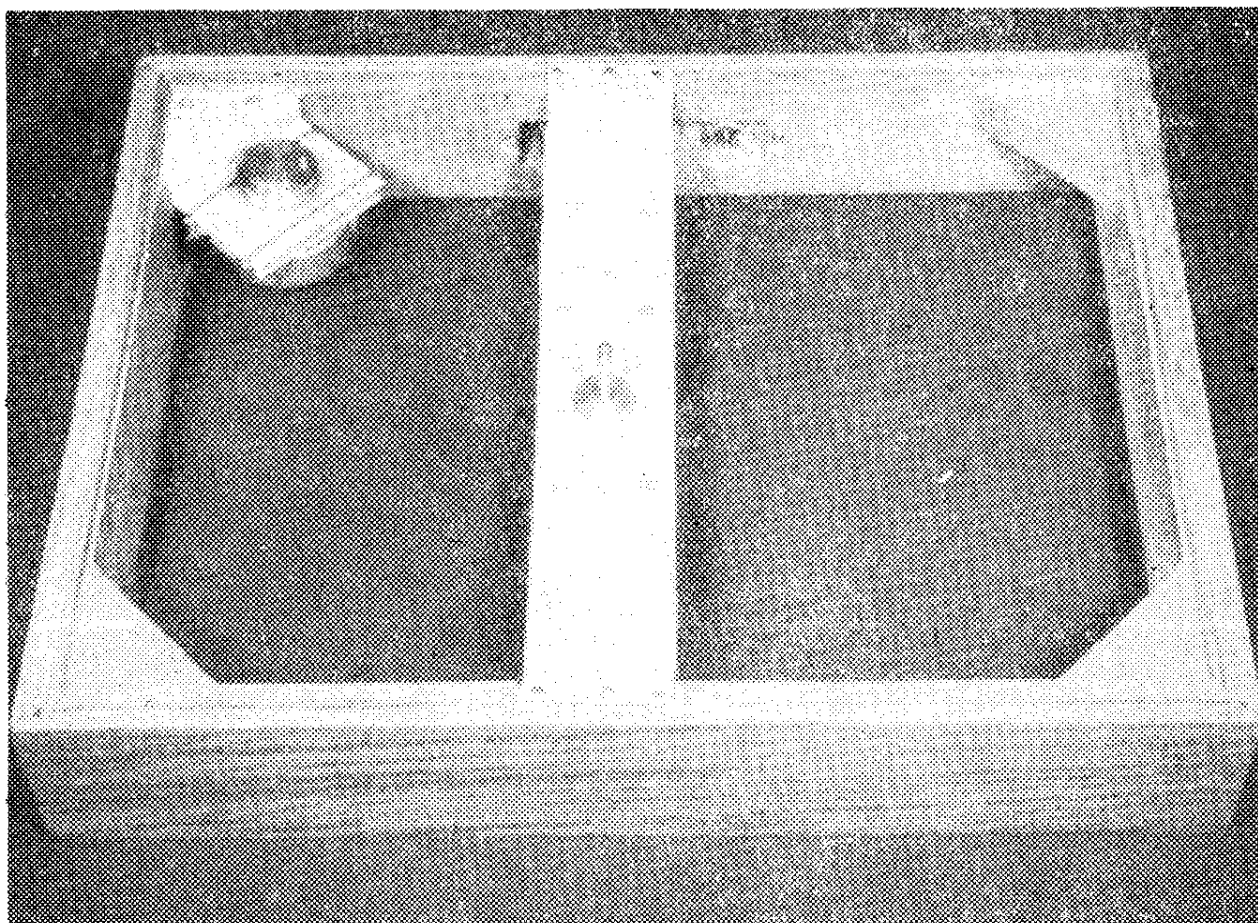
Dřevěný rám gramofonového šasi



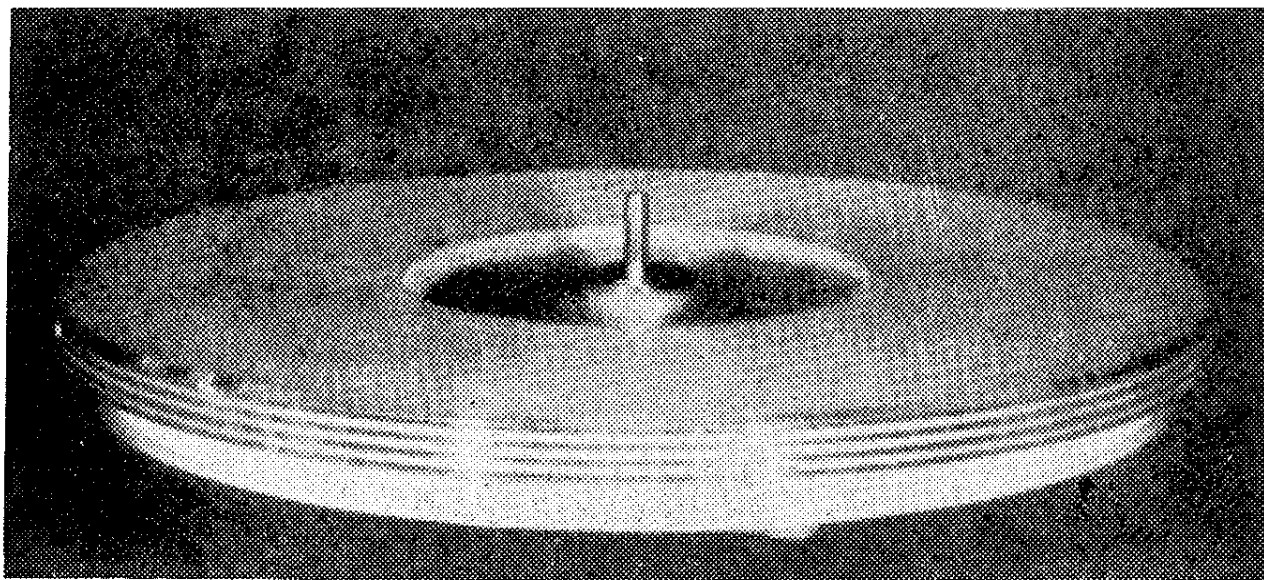
Motorek SMz 375/R a držák motorku



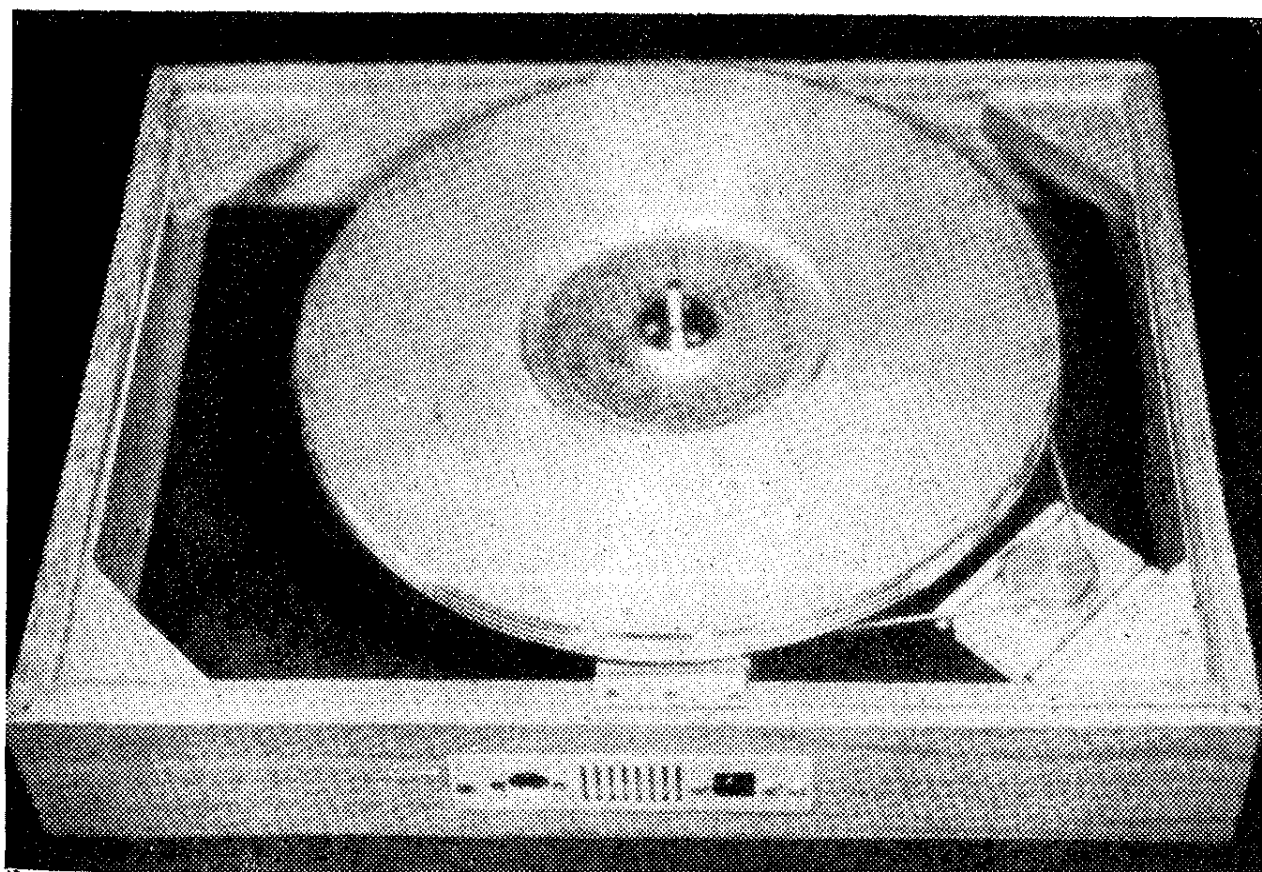
Detaily 36, 37 a 38



Rám s vestavěným motorem, připravený k uložení talíře

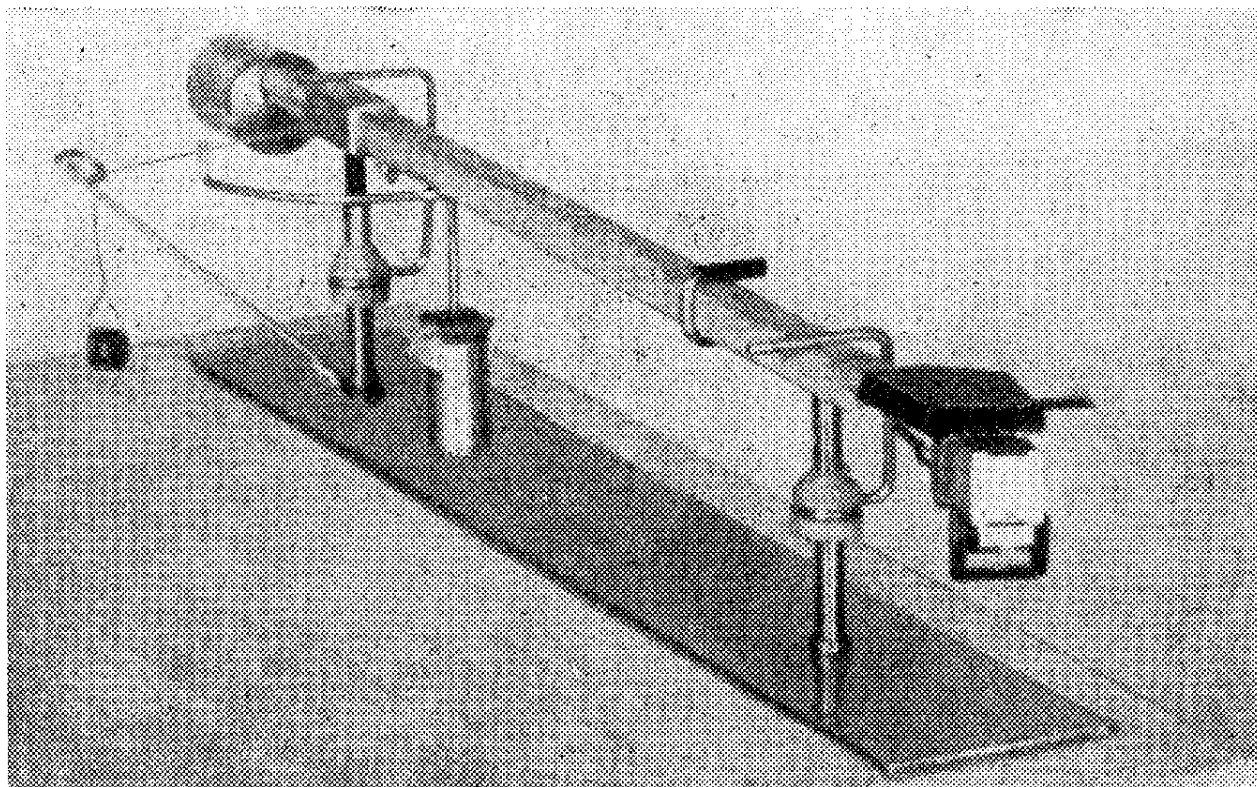


Gramofonový talíř

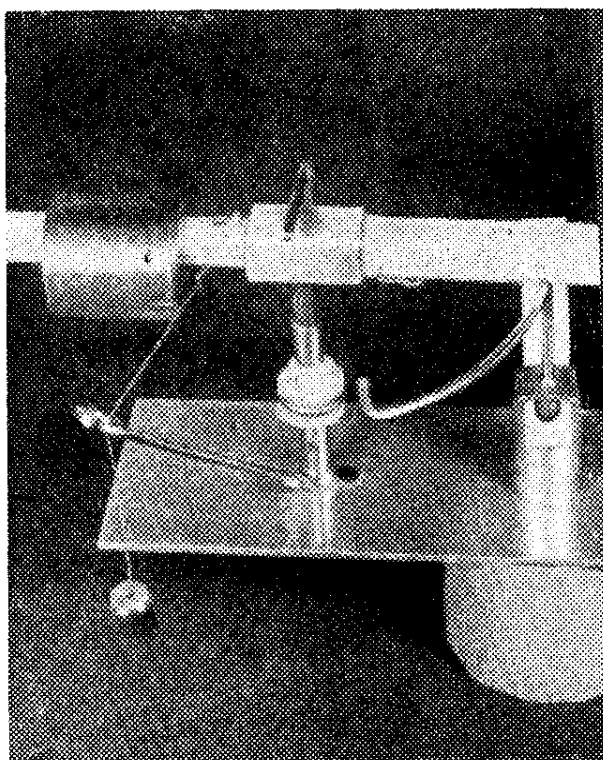


Převodový mechanismus gramofonového šasi

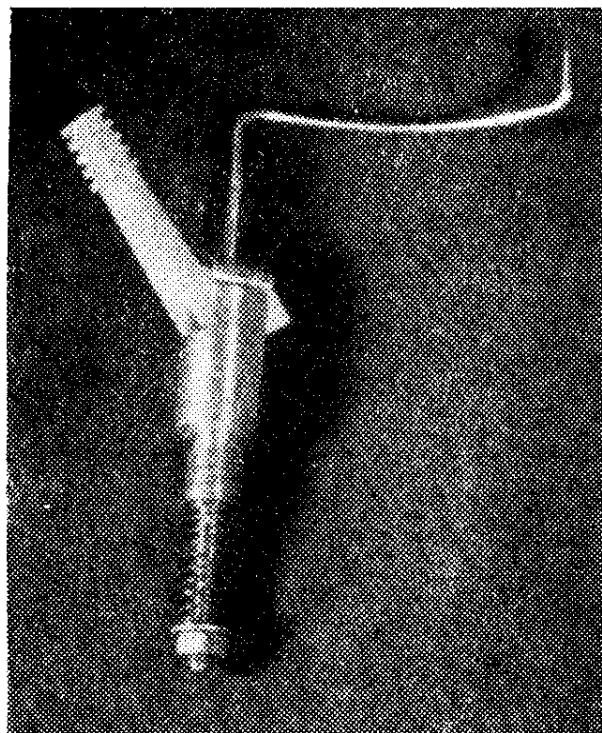
50 • $\frac{4}{69}$ R_K



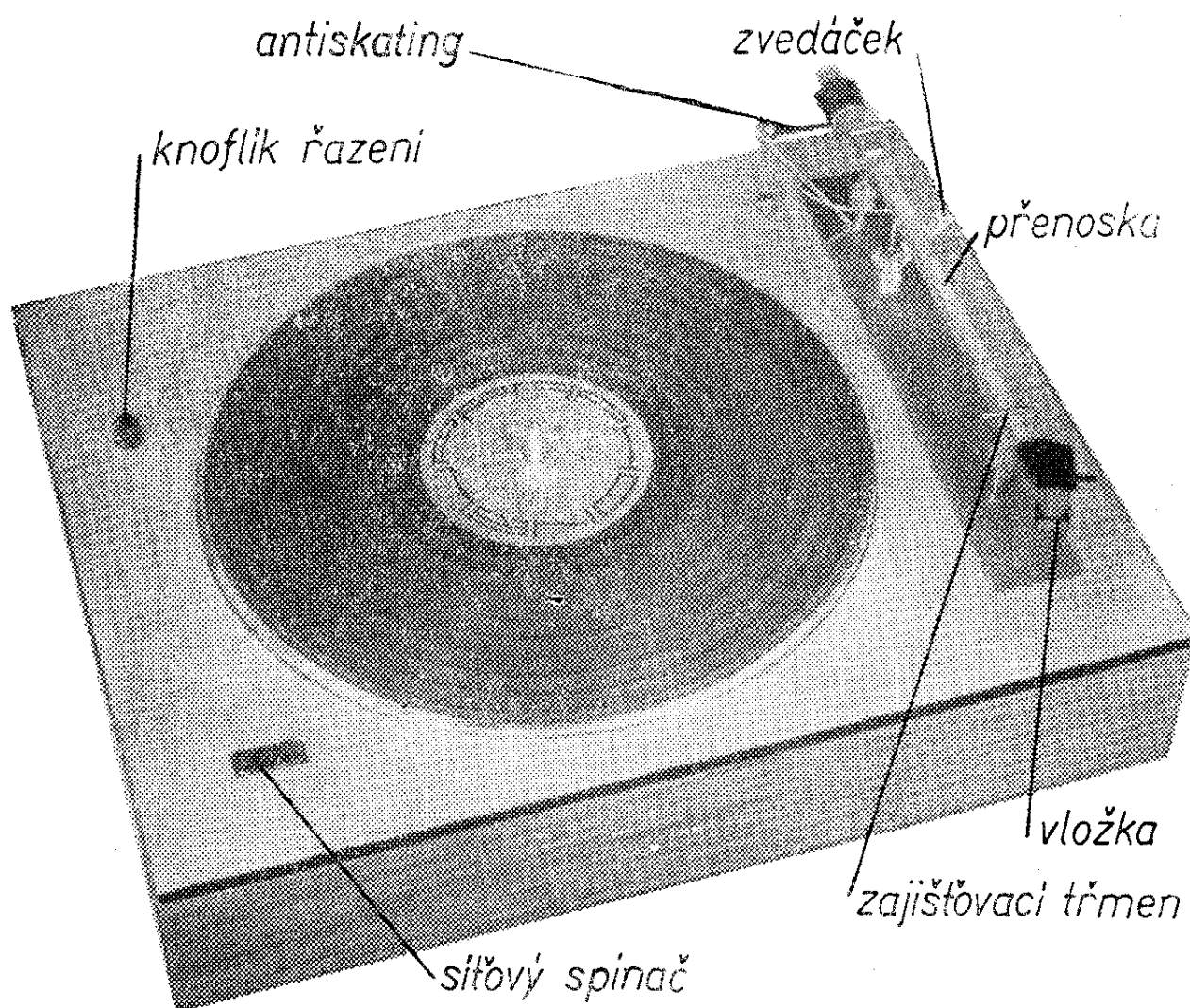
Sestavená přenoska



Mechanismus antiskatingu



Zvedáček

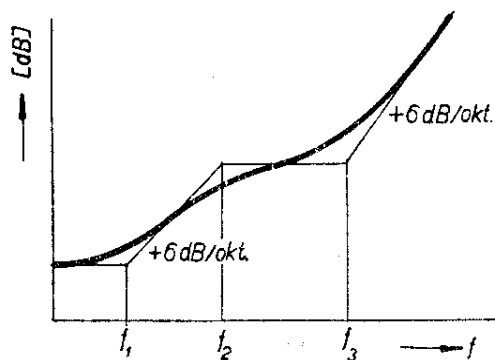


Celková sestava gramofonového šasi

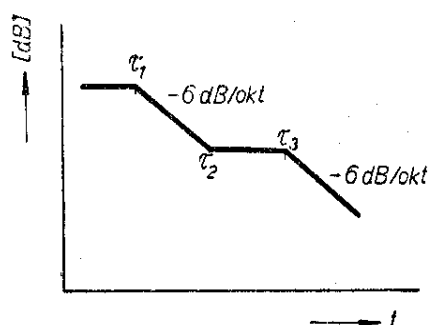
Praktická zapojení korekčních předzesilovačů

Protože se v poslední době i u nás rozšiřuje používání moderních a jakostních přenoskových vložek rychlostního typu (dávají na předepsané jmenovité impedanci napětí, které je mimo jiné přímo úměrné záznamové rychlosti), je třeba si uvědomit, že tento typ vložek lze použít jen ve spojení s korekčním předzesilovačem. Záznamová charakteristika na obr. 15 a v tabulce 2 je mezinárodně používaná. Je charakterizována časovými konstantami 3 180, 318, 75 μ s a její průběh je názorně na obr. 33a.

Pod kmitočtem f_1 je asymptota charakteristiky kmitočtově nezávislá (má způsobit zlepšení odstupu užitečného signálu od brumu nebo hluku pohonného mechanismu). Mezi f_1 a f_2 má charakteristika směrnici +6 dB/okt. Mezi f_2 a f_3 je opět kmitočtově nezávislá a od f_3 směrem k vyšším kmitočtům má směrnici +6 dB/okt. Korekční předzesilovač by měl kompenzovat záznamovou charakteristiku inverzní charakteristikou. Tato tzv. „reprodukční“ charakteristika by měla mít průběh podle obr. 33b. Tohoto průběhu lze dosáhnout různými způsoby korekcí, např. pasivním čtyřpólem nebo různými členy zapojenými v obvodu zpětné vazby. Protože úroveň výstupního napětí rychlostních přenoskových



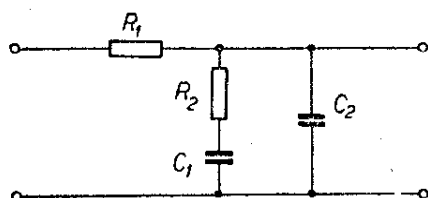
Obr. 33a. Průběh záznamové charakteristiky RIAA



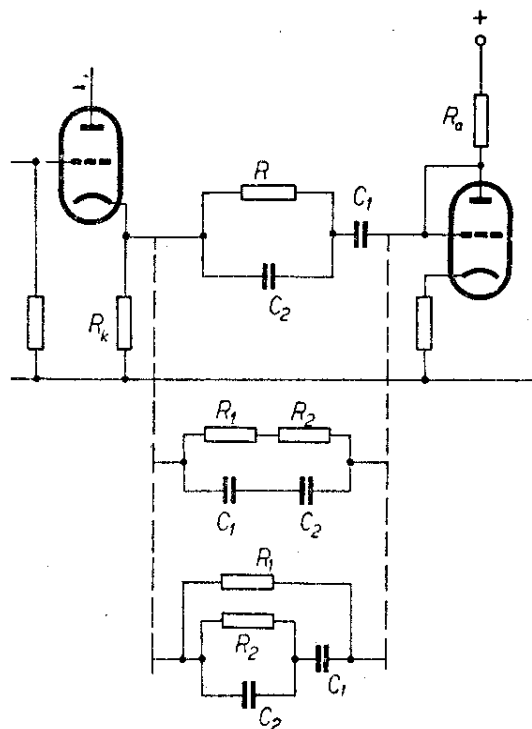
Obr. 33b. Charakteristika korekčního předzesilovače

vložek při snímání záznamové rychlosti 1 cm/s je malá – asi 1 mV – a po korekci pasivním čtyřpólem se ještě zmenší, je vhodné spojení korekčního obvodu s aktivními zesilovacími prvky.

Nejjednodušším korekčním obvodem je pasivní čtyřpól podle obr. 34. Protože časové konstanty jsou známé, lze nařídit jednotlivé prvky čtyřpólu (při zvětšení jednoho) výpočtem ze vztahů:



Obr. 34. Pasivní čtyřpól



Obr. 35. Korekce v obvodu zpětné vazby

$$C_1 R_2 = \tau_2,$$

$$C_2 R_1 = \frac{\tau_1 \tau_3}{\tau_2},$$

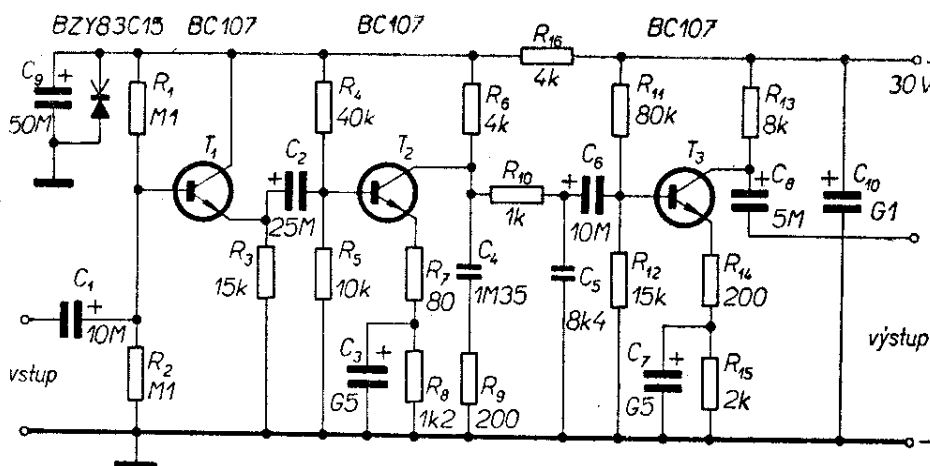
$$C_2 R_2 = \frac{\tau_1 \tau_2 \tau_3}{(\tau_1 - \tau_2)(\tau_2 - \tau_3)}.$$

Do odporu R_1 musíme zahrnout vnitřní odpor zdroje a je třeba brát v úvahu i zatěžovací odpor čtyřpólu.

Korekci záznamové charakteristiky kombinací RC v obvodu zpětné vazby lze řešit několika způsoby podle obr. 35. Tato zapojení zpětnovazebních členů jsou základní a jejich obměnami vzniká řada nových zapojení. Výpočet jednotlivých součástek korekčních obvodů není jednoduchý. Nebudeme proto předkládat výpočet, ale uvedeme praktická zapojení i s hodnotami součástek.

Na obr. 36 je třístupňový tranzistorový předzesilovač. Tranzistor T_1 pracuje jako emitorový sledovač. Vstupní odpor tohoto obvodu je asi 50 kΩ, jeho zesílení o něco menší než jedna. Druhý stupeň s tranzistorem T_2 slouží ke korekci kmitočtového průběhu. Korekce

Obr. 36. Třístupňový korekční předzesilovač pro jeden kanál

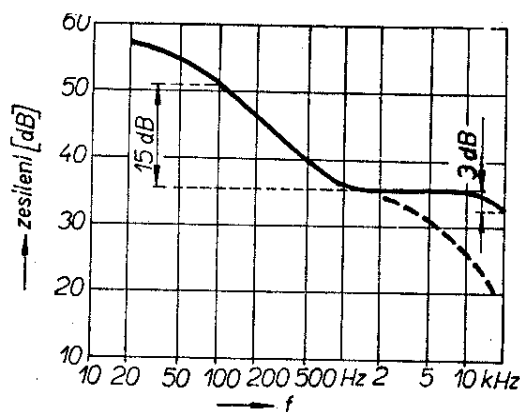


je dosaženo kombinací RC (R_9 , C_4 a R_{10} , C_5). Tímto zapojením lze dosáhnout průběhu podle obr. 37. Pro schéma na obr. 36 platí plná křivka, čárkovaná platí pro $C_4 = 1,25 \mu\text{F}$, $R_9 = 200 \text{ k}\Omega$ a $C_5 = 100 \text{ nF}$. Přes vazební kondenzátor C_6 se signál přivádí na T_3 , jehož zesílení je asi 30 dB. Za C_8 je taková úroveň, která vybudí běžný nf zesilovač. Kondenzátor C_{10} a kombinace R_{16} , C_9 s diodou D_1 slouží ke zmenšení brumového napětí. Tranzistory BC107 lze nahradit našimi křemíkovými typy KC507 nebo KC508 a Zenerovu diodu BZY83C15 naší 7NZ70.

Korekční předzesilovač se dvěma tranzistory pro jeden kanál je na obr. 38. Předzesilovač je osazen tranzistory AC122. Vstupní odpor je 47 k Ω , výstupní 33 k Ω . Předzesilovač dává maximální výstupní napětí při 0,3 % harmonic-

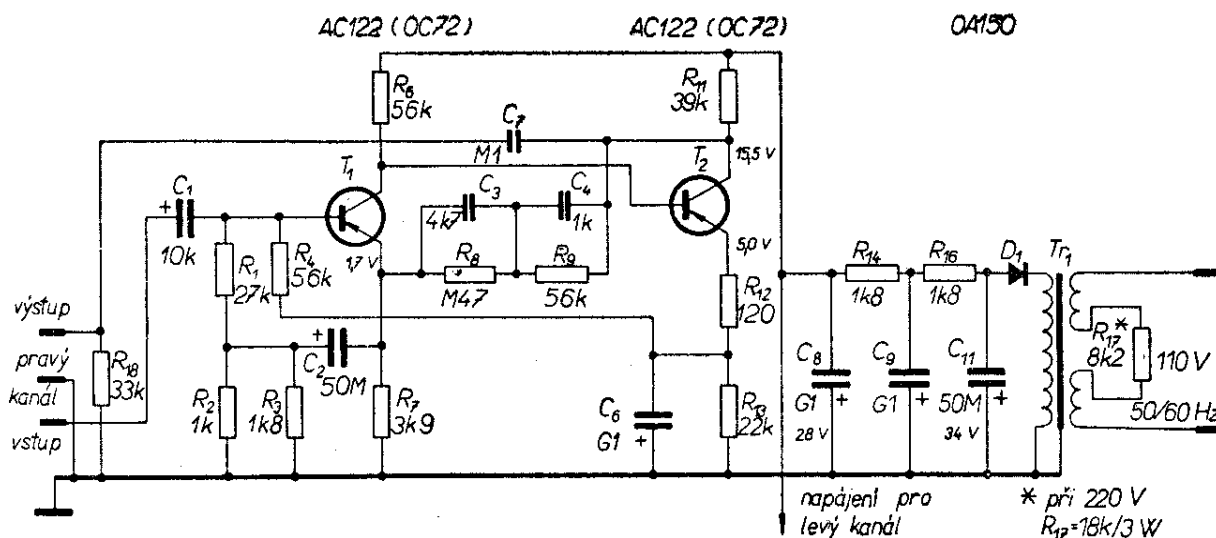
kého zkreslení. Při vstupním napětí 9 mV je zesílení na 100 Hz 44 dB, na 1 kHz 34 dB a na 10 kHz 22 dB. Rušivé napětí je menší než 1 mV (při zkratovaném vstupu), přeslechy větší než 50 dB při zkratování druhého vstupu a při výstupním napětí 1 V. Napájecí napětí je 110 V, maximální odběr proudu 15 mA. Primární vinutí potřebuje ke správné činnosti střídavých 27 V. Zbytek napájecího napětí se spotřebovává na odporu 8,2 k Ω /3 W. K napájení lze prakticky použít jakýkoli zdroj střídavého napětí od 27 V do 220 V. Srážecí odpor však musí být volen tak, aby bylo na vinutí 27 V. Pro 220 V je třeba připojit odpor asi 18 k Ω . Místo AC122 lze beze změny zapojení použít OC72.

Zajímavé schéma je na obr. 39. Jde o univerzální a přitom jednoduché zapojení, které lze výměnou čtyř součástek použít k pěti druhům korekce charakteristiky podle obr. 40 a obr. 41. Jde o tyto změny součástek:



Obr. 37. Kmitočtový průběh třístupňového předzesilovače

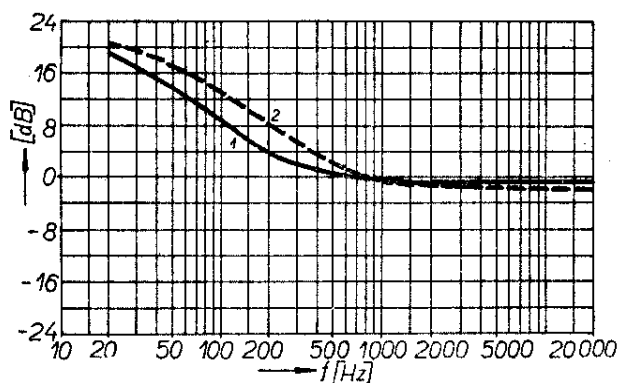
Průběh	1	2	3	4	5
R [k Ω]	56	56	56	47	47
C_1 [nF]	12	5,6	6,8	6,8	6,8
C_2 [nF]	0	0	3,9	1,5	2,2
C_3 [nF]	25	25	1,5	3,2	5



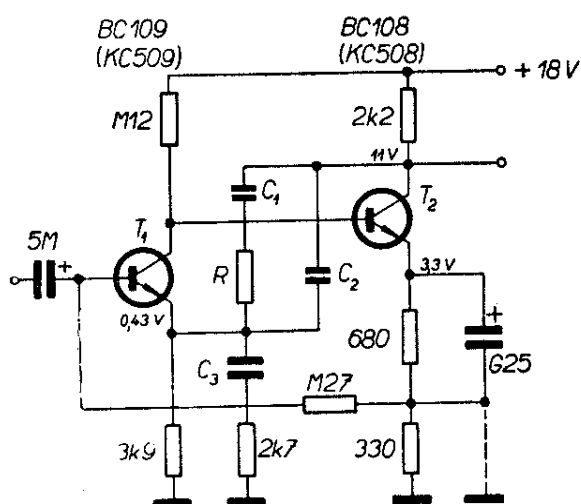
Obr. 38. Předzesilovač pro jeden kanál se dvěma tranzistory

Pro korekční průběh 1 a 2 je třeba kondenzátor 250 μ F v emitoru tranzistoru BC108 spojit s kostrou (na obr. 39 znázorněno čárkovaně). Zapojení umožní správné přizpůsobení podle různých záznamových charakteristik. Kmitočtový průběh 1 koriguje starou evropskou charakteristiku, která platila před zavedením mikrozáznamu. Průběh 2 koriguje záznamovou charakteristiku používanou v USA před druhou světovou válkou a v Evropě používanou do roku 1950 pro výrobu standardních desek. Průběh 3 odpovídá záznamové charakteristice

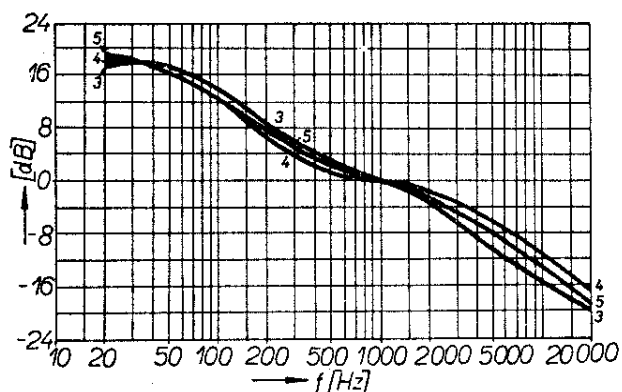
NARTB s časovými konstantami 2 720-318, 100 μ s. Korigovaný průběh 4 odpovídá charakteristice s časovými konstantami 3 180, 318, 50 μ s. Průběh 5 ko-



Obr. 40. Korekční kmitočtové průběhy 1, 2



Obr. 39. Jednoduché zapojení předzesilovače pro jeden kanál s možností volby průběhů změnou součástek. (C_3 není elektrolyt)



Obr. 41. Korekční kmitočtové průběhy 3, 4, 5

riguje současnou a mezinárodně používanou charakteristiku s časovými konstantami 3 180, 318, 75 μ s. Předzesilovač má napětové zesílení na 1 kHz pro jednotlivé průběhy 30, 30, 25, 27, 26 dB. Harmonické zkreslení pro 4 V výstupního napětí je 0,25 % a pro napětí pod 1,5 V je zkreslení menší než 0,1 %. Rušivé napětí na výstupu je 22 μ V. Transistor BC108 lze nahradit naším KC508.

Další zajímavé zapojení přináší obr. 42. Je to kombinace předzesilovače pro mikrofon a rychlostní přenoskovou vložku. Pro připojení mikrofonu je přepínač v poloze označené *M* a pro přenoskovou vložku v poloze *PU* (pick up). Mikrofonní předzesilovač má kmitočtově nezávislý průběh, průběh *PU* je korigován kmitočtově závislou zpětnou vazbou kombinací *RC* (22 k Ω , 390 k Ω , 2,2 nF, 10 nF). Kondenzátor 250 μ F slouží k tomu, aby se přepnutím nezměnil pracovní bod tranzistorů. Zpětnovazební kondenzátor 68 pF mezi kolektorem a bází druhého tranzistoru zmenšuje zesílení na vyšších kmitočtech a zmenšuje nebezpečí rozkmitání předzesilovače. K zajištění dobrých šumových poměrů prvního tranzistoru je nastaven velmi malý pracovní proud (asi 100 μ A). Předzesilovač má provozní napětí 24 V, odběr proudu je 0,85 mA. Vstupní odpor předzesilovače je 47 k Ω . V poloze *M* je při vstupním napětí 2 mV na výstupní impedanci 100 k Ω napětí 350 mV. V poloze *PU* je třeba vstupního napětí 4,5 mV na 1 kHz. Přebuditelnost vstupů je pro mikrofon 20 mV a pro vložku 43 mV. Činitel harmonického zkreslení je pro *PU* asi 0,1 %, pro *M* 0,3 %. Odstup rušivých napětí je větší než 50 dB. Kmitočtové charakteristiky jsou na obr. 43. BC109 má ekvivalent v našem křemíkovém tranzistoru KC509.

Na obr. 44 je schéma předzesilovače, jehož obrazec plošných spojů i s rozmístěním součástek na destičce je na obr. 45. K napájení tohoto předzesilovače stačí 14 V střídavých (např. z pomocného vinutí motorku). Toto napětí je usměrněno diodami OA70 a zdvojovačem zvětšeno na 30 V stejnosměrných. Po filtraci kombinací odporů 1 k Ω a kondenzátorů 32 μ F a 80 μ F dává zdroj napětí 18 V.

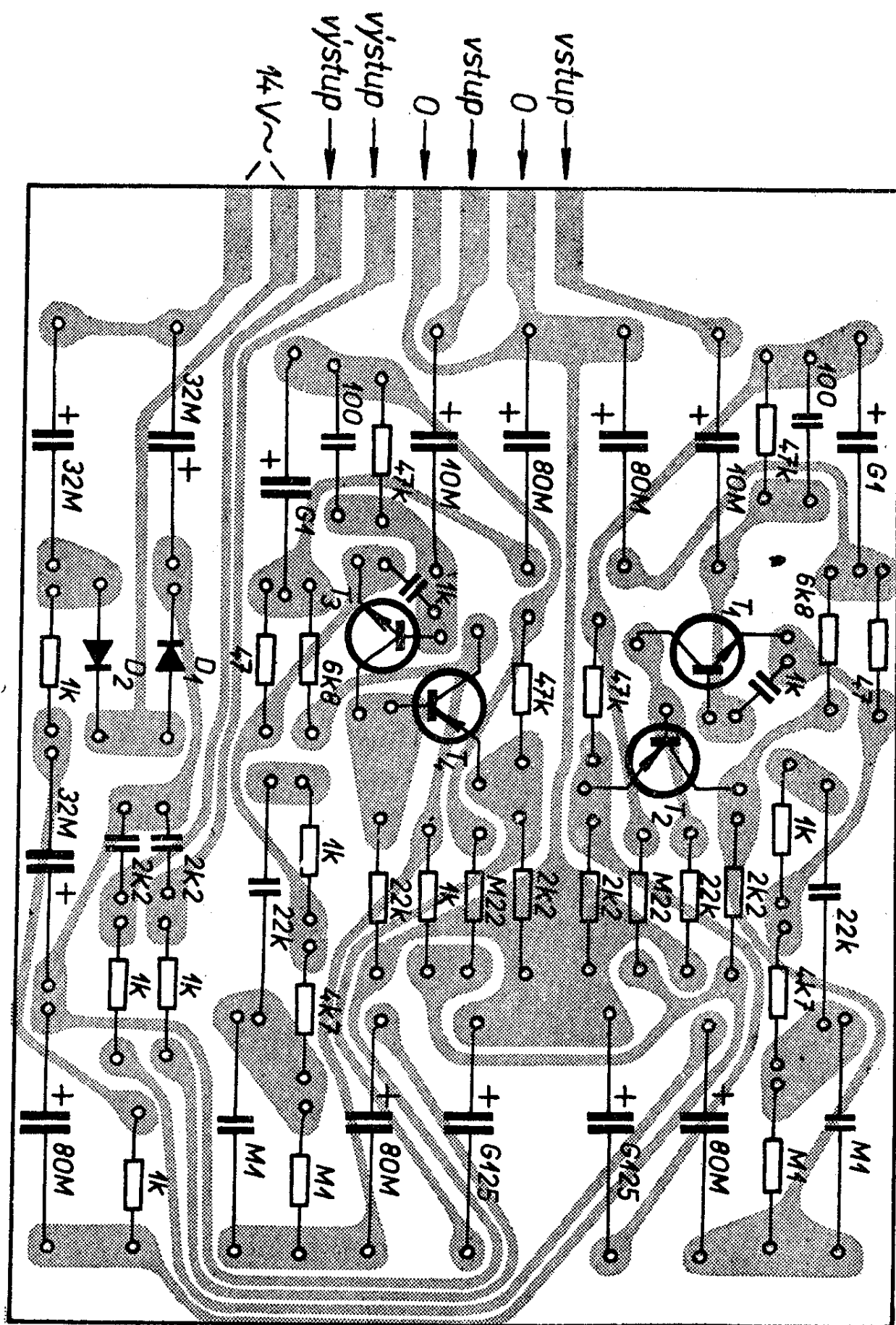
Korekční obvod předzesilovače tvoří kombinace *RC*, zapojená ve zpětné vazbě z kolektoru druhého tranzistoru na emitor prvního tranzistoru. Ostatní prvky zapojení jsou shodné s již uvedenými typy. Výroba plošných spojů byla již mnohokrát popsána. Kondenzátory 32 μ F musí být na napětí 64 V a 80 μ F na 25 V; ostatní stačí na 12 V. Je vhodné překontrolovat napájecí napětí v jednotlivých bodech, popřípadě proměřit vlastnosti a charakteristiku předzesilovače. Předzesilovač dává při vstupním napětí 7 mV výstupní napětí 0,5 V na 1 kHz. Harmonické zkreslení je menší než 0,5 %, odstup rušivých napětí 55 dB.

Údržba a opravy gramofonů

Protože mechanické části továrních gramofonových přístrojů jsou ve výrobním podniku nastaveny a mechanické spoje zajištěny lakem, nedoporučuje se měnit jejich nastavení, pokud není v těchto částech zjištěna závada. Výrobky jsou přepojeny pro napájecí napětí 220 V. Pro přepojení na 120 V obsahují buďto volič, nebo návod k přepojení vodičů. U stereofonního přístroje by měl při správném připojení kanálů znít pravý kanál z pravého a levý z levého reproduktoru. Pravý kanál je mezinárodně značen R, levý L (pro připojení přenosky bývá i barevné rozlišení – červený vodič pravý, bílý levý kanál). Obr. 46 ukazuje správné připojení na konektor. Minimální vzdálenost mezi reproduktory má být 2 m. Je třeba upozornit na ochranu přenosky při manipulaci, zvláště při nasazování hrotu do drážky.

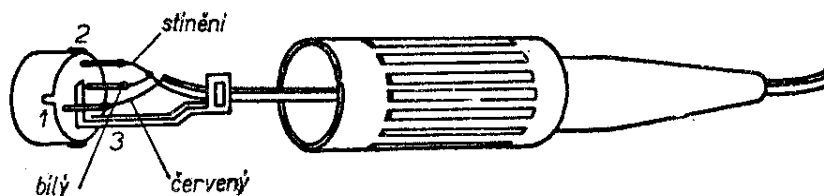
Údržba běžného gramofonového šasi je jednoduchá. Rotor motorku je uložen v samomazných ložiscích. Stačí po 200 hodinách provozu mírně namazat čepy a ložiska převodového mechanismu (mezikolo,





Obr. 45. Obrazec plošných spojů předzesilovače z obr. 44 (Smaragd 60)

Obr. 46. Správné zapojení kanálů na konektoru



talíř) minerálním olejem. Olej se však nesmí dostat na třecí plochy převodu. Při šetrném zacházení je možné přehrát safírovým hrotem asi 200 stran dlouhohrající desky. Opotřebovaný nebo jinak poškozený hrot zhoršuje reprodukci – v takových případech je třeba jej

vyměnit. Diamantový hrot vydrží asi desetkrát více. Šasi s krystalovou vložkou nemá být vystaveno teplotě přes 35 °C a vlhkosti větší než 70 %; mohlo by dojít k poškození krystalového dvojčete.

Při provozu může dojít k těmto typickým závadám:

Závada	Příčina	Odstranění
Nesprávný počet otáček	mezikolo chytá o jiný stupeň kladky mezikolo se těžko otáčí talíř se těžko otáčí slabý motorek	posunout kladku na hřídeli motoru vyčistit a přimazat jeho ložisko sejmout talíř, vyčistit ložisko, hřídel a namazat vadně zapojený volič napětí, vadný motorek
Talíř se netočí	mezikolo není v záběru s talířem, vypadlá pružina motorek se netočí, nemá napětí	pružinu přitahující mezikolo znovu upevnit nebo nahradit uvolněný vodič ve svorkovnici, špatný spínač
Mechanický hluk	nečistota v ložiskách klepe mezikolo	ložiska vyčistit a namazat vyměnit mezikolo nebo pryžové obložení
Přístroj nevypíná po přehrání desky	vadně seřízená páka přenosky pokřivené nebo těsné páky zastavovače	seřídít tak, aby na průměru 125 mm bylo táhlo na dorazu segmentu (nesmí jej uvést v činnost) vyrovnat nebo vyměnit páky
Přenoska nejde lehce otáčet	těsná v ložisku pokřivené páky kablík	vyjmout, ložisko vyčistit, znovu namazat páky vyrovnat nebo vyměnit uvolnit kablík
Zkreslená reprodukce	vadný hrot	vyměnit držák hrotu
Brum v reprodukci	špatně uzemněná kovová trubka raménka	trubku raménka řádně uzemnit

Přehled měřicích desek

Desky československé výroby, výrobce GZ Loděnice u Berouna.

KV 5 – monofonní deska pro měření kmitočtové charakteristiky a citlivosti přenosek.

1 kHz	1 cm.s ⁻¹	10 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
50 až 100 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	12 kHz	0,5 cm.s ⁻¹ /1 kHz
0,1 až 6 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	1 kHz	1 cm.s ⁻¹

KV 6 – měření kolísání otáček.

3 kHz	3,5 cm.s ⁻¹	záznam se opakuje pro 78, 45, 33, 16 ot.
-------	------------------------	---

KV 8 – stereofonní deska pro měření citlivosti a přeslechu přenosek.

1 kHz	7 cm.s ⁻¹	pravý kanál	6,3 kHz	7 cm.s ⁻¹	pravý kanál
1 kHz	7 cm.s ⁻¹	levý kanál	6,3 kHz	7 cm.s ⁻¹	levý kanál

KV 9 – stereofonní deska pro měření citlivosti, přeslechu a odstupu.

1 kHz	5 cm.s ⁻¹	mono
100 Hz	1,56 cm.s ⁻¹	mono
100 Hz	1,1 cm.s ⁻¹	pravý kanál
100 Hz	1,1 cm.s ⁻¹	levý kanál

Dále je na desce nahrán program KV 8.

KV 10 – stereofonní deska pro měření kmitočtové charakteristiky a přeslechu přenosek.

1 kHz	1 cm.s ⁻¹	
50 až 250 Hz	0,7 cm.s ⁻¹ /1 kHz	
250 až 6 300 Hz	0,7 cm.s ⁻¹ /1 kHz	pravý kanál
10 až 12,5 kHz	0,7 cm.s ⁻¹ /1 kHz	
12,5 kHz	0,7 cm.s ⁻¹ /1 kHz	

Celý záznam opakován pro levý kanál.

KV 11 – strana 1, monofonní kmitočtová deska.

1 kHz	1 cm.s ⁻¹		
18 kHz	0,5 cm.s ⁻¹ /1 kHz		
16 kHz	0,5 cm.s ⁻¹ /1 kHz		
14 kHz	0,5 cm.s ⁻¹ /1 kHz		
12 kHz	0,5 cm.s ⁻¹ /1 kHz		
10 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	700 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
8 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	500 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
7 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	300 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
6 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	200 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
5 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	150 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
4 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	100 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
3 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	80 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
2 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	60 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
1,5 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	50 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz
1 kHz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz	40 Hz	1 cm.s ⁻¹ /1 kHz

- *strana 2*, signál plynule klesající od kmitočtu 18 kHz do 40 Hz. Záznam je přerušován do kmitočtu 1 kHz po každých 1 000 Hz a dále u kmitočtů 500, 250, 125, 100 a 60 Hz.

Pro obě strany KV 11 platí průběh záznamové charakteristiky, který je určen časovými konstantami 3 180, 318 a 75 μ s. Kmitočty nad 10 kHz jsou zaznamenány s poloviční úrovní —6 dB.

KV 12 – *stereofonní kmitočtová deska.*

První strana program KV 11 (strana 1) v levém kanálu.

Druhá strana program KV 11 (strana 1) v pravém kanálu.

KV 18 – *měření dynamické poddajnosti.*

Strana 1 – stranový záznam 100 Hz, amplituda 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 μ m.

Strana 2 – hloubkový záznam 100 Hz, amplituda 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 μ m.

Rychlost otáčení všech těchto desek je 33 1/3 ot.

Záznamové rychlosti jsou v efektivních hodnotách.

Měřicí desky firmy B & K z Dánska

QR 2007 – *monofonní kmitočtová deska, 45 ot.*

20 Hz až 20 kHz, efektivní záznamová rychlost

3,16 $\text{cm.s}^{-1}/1 \text{ kHz}$. Do 1 kHz záznamová charakteristika podle IEC. Nad 1 kHz je zaznamenána konstantní záznamová rychlost.

QR 2008 – *testovací měřicí deska pro přenosky, 33 ot.*

V první sekci je záznam levého a pravého kanálu s kmitočty 20; 16; 12,5; 10 kHz o záznamové rychlosti 0,6 cm.s^{-1} .

Ve druhé sekci je záznam levého a pravého kanálu, stranové a hloubkové modulace s kmitočtem 1 kHz a efektivní záznamovou rychlostí 2,24 cm.s^{-1} pro stereofonní záznam a 3,16 pro stranový a hloubkový záznam.

Ve třetí sekci je zaznamenána stranová modulace s kmitočtem 100 Hz a amplitudou 10; 20; 30; 40; 50 μ m (maximální hodnota).

Ve čtvrté sekci je hloubkový záznam shodný s třetí sekci.

V páté sekci je plynulý záznam levého a pravého kanálu, stranové a hloubkové modulace o kmitočtech 10 až 100 Hz s amplitudou 11,3 μ m (maxim. hodnota).

Šestá sekce je shodná s první, jen je zmenšena drážková rychlost.

QR 2009 – *stereofonní kmitočtová deska, 45 ot.*

20 Hz až 20 kHz efektivní záznamová rychlost 2,24 $\text{cm.s}^{-1}/1 \text{ kHz}$ pro pravý a levý kanál.

20 Hz až 20 kHz efektivní záznamová rychlost 3,16 $\text{cm.s}^{-1}/1 \text{ kHz}$ pro stranovou a hloubkovou modulaci.

STR 100 a STR 110 jsou měřicí desky americké firmy CBS a Columbia Record.

Desky obsahují testy pro přenosky.

Doporučená literatura

Boleslav, A.: Mikrofony a přenosky. Praha: SNTL 1962.

Boleslav, A.: Reprodukory a ozvučnice, Praha: SNTL 1959.

Hyan, J. T.: Zesilovače pro věrnou reprodukci. Praha: SNTL 1960.

Lukeš, J.: Věrný zvuk. Praha: SNTL 1962.

Miřátský, J.: Gramofonová technika. Praha: SNTL 1958.

Články z časopisů:

Elektrické motory v domácnosti RK 2/67 str. 43

Vlastnosti elektrických motorků ST 10/65 str. 386
ST 1/66 str. 8

Dvoufázové indukční motorky M 2034 a M 2041 ST 2/57 str. 44

Úprava gramofonového motorku AR 1/56 str. 9

Odstranění hluchosti gramofonového motorku ST 12/64 str. 465
ST 4/65 str. 156

Přesná regulace otáček bateriového motorku AR 8/65 str. 15

Vysokofrekvenční regulace otáček stejnosměrných motorů ST 10/63 str. 399

Jak udržíme konstantní otáčky motoru bateriového magnetofonu ST 6/63 str. 233

Třírychlostní gramofon AR 4/56 str. 104

Stereofonní gramofon AR 11/61 str. 310
Gramošasi pro jakostní reprodukci AR 1/62 str. 11

Stereofonní gramošasi AR 2/63 str. 44

Stereofonní gramofon AR 1/66 str. 8
AR 2/66 str. 8

Filtr proti hluku gramofonu

AR 8/62 str. 227

Koncový vypínač gramofonu s fotodiodou AR 6/62 str. 156

Závady gramofonových přístrojů a jejich odstranění ST 1/67 str. 40

Magnetodynamická přenoska pro stereofonii AR 7/64 str. 186

Stereofonní přenosky AR 11/63 str. 318

Zařízení pro vyvažování přenosů AR 10/61 str. 284

Přístroj pro kontrolu gramofonových přenosů ST 5/63 str. 193

Přenoskové raménko pro jakostní reprodukci AR 12/61 str. 343

Přenoskové raménko AR 3/66 str. 7

PRODÁME

Sov. tunelové diody
GI305A, GI305B, AI305A
(á 50 Kčs),

germ. vf tranzistory
1T313 – 1 000 MHz (á 100 Kčs),
P418 – 700 MHz (á 70 Kčs),
P417 – 200 MHz (á 70 Kčs),

křem. vf tranzistory
KT301 E (á 50 Kčs),
KT301 Ž (á 50 Kčs),

germ. výk. tranzistory
P214 G (á 20 Kčs),

metalkeram. mikrovlnné triody
6C 17 KB (á 150 Kčs),

metalkeram. UKV výk. triody
GU 33 B (á 250 Kčs).

Vše nové, nepoužité. Pošleme na dobírku. Zn. „Obratem“.

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR

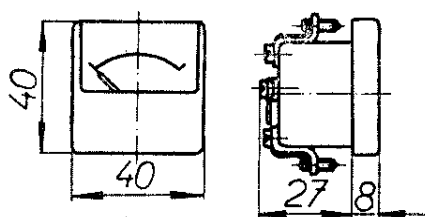
– vydává Vydavatelství MAGNET, Praha 1, Vladislavova 26, telefon 23455–7 ● Šéfredaktor ing. František Smolík ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 223630 ● Redakční rada: K. Bartoš, ing. J. Čermák, K. Donát, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradský, ing. J. T. Hyan, K. Krbec, ing. A. Lavante, K. Novák, ing. O. Petráček, dr. J. Petránek, ing. J. Plzák, M. Procházka, K. Pytner, ing. J. Vackář, J. Ženíšek ● Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 4,50 Kčs, pololetní předplatné 13,50 Kčs, roční předplatné 27,– Kčs ● Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET – administrace, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel ● Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS-vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Dohlédací pošta 07 ● Tiskne Naše vojsko, závod 01. Na valech 1, Praha-Dejvice ● Za původnost příspěvků ručí autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připojena frankovaná obálka se zpětnou adresou ● Toto číslo vyšlo 23. srpna 1969

© Vydavatelství Magnet, Praha

Panelové přístroje magnetoelektrické typu MP 40 - 80 - 120

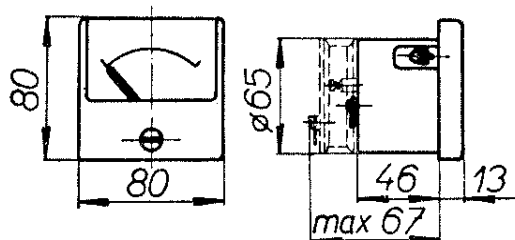
Typ	Vnitřní odpor [Ω]	Cena
MP 40 60 μ A	asi 4 000 ± 25 %	210,—
100 μ A	1 800	210,—
MP 80 40 μ A	asi 6 000 ± 25 %	240,—
100 μ A	1 800	240,—
150 μ A	850	240,—
10 A		200,—
25 V		230,—
MP 120 40 μ A	asi 6 000 ± 25 %	265,—
100 μ A	1 800	255,—
150 μ A	850	255,—

MP 40

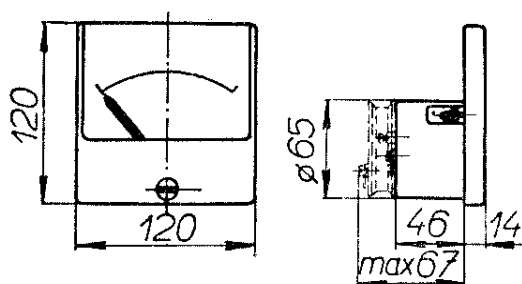


Třída přesnosti: 2,5 %.
Zkušební napětí: 2 000 V.
Výchylka ručky: 90°.

MP 80



MP 120



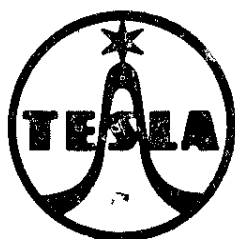
RADIOAMATÉR domácí potřeby Praha, prodejna č. 211-01
v PRAZE 1, ŽITNÁ 7, telefon č. 228631

Z Á S I L K O V Ý P R O D E J !

SHÁNÍTE PRACNĚ TECHNICKOU SERVISNÍ DOKUMENTACI?

● Pro velký zájem veřejnosti jsme vydali velmi žádanou technickou servisní dokumentaci ke starším typům **TELEVIZORŮ** – až po řadu Oliver (např. 4001, 4002, Mánes, Aleš, Oravan, Lotos, Kamelie, Orchidea, Štandart, Azurit, Athos) a v omezeném množství i ke starším typům **RADIOPŘIJÍMAČŮ**, **MAGNETOFONŮ**, **GRAMOFONŮ** a **AUTORADÍÍ**. K zakoupení přímo v našem středisku nebo na dobírku prostřednictvím naší zásilkové služby – na základě vaší písemné objednávky.

● Máte-li zájem o pravidelný odběr technické dokumentace k výrobkům typické spotřební elektroniky **TESLA** (1 sešit asi 13,— Kčs) a stát se členem **SERVIS-KLUBU TESLA**, zašlete nám závaznou přihlášku s uvedením své adresy a povolání.

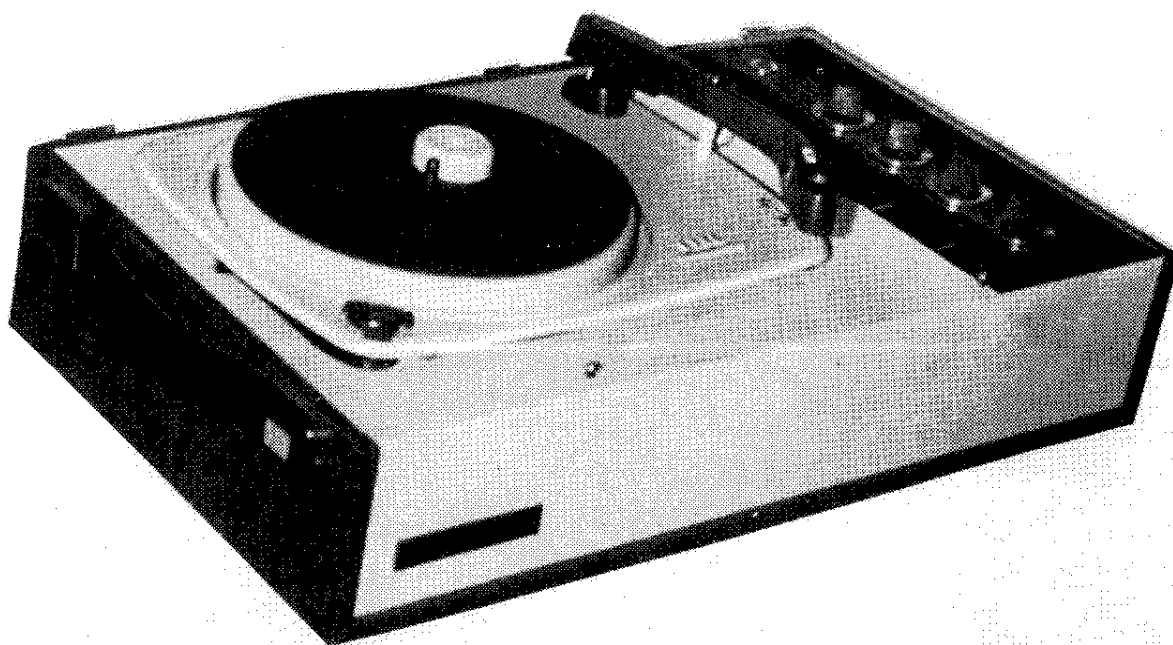


STŘEDISKO TECHNICKÉ DOKUMENTACE

PRAHA 8, Sokolovská 144, telefon 822 907



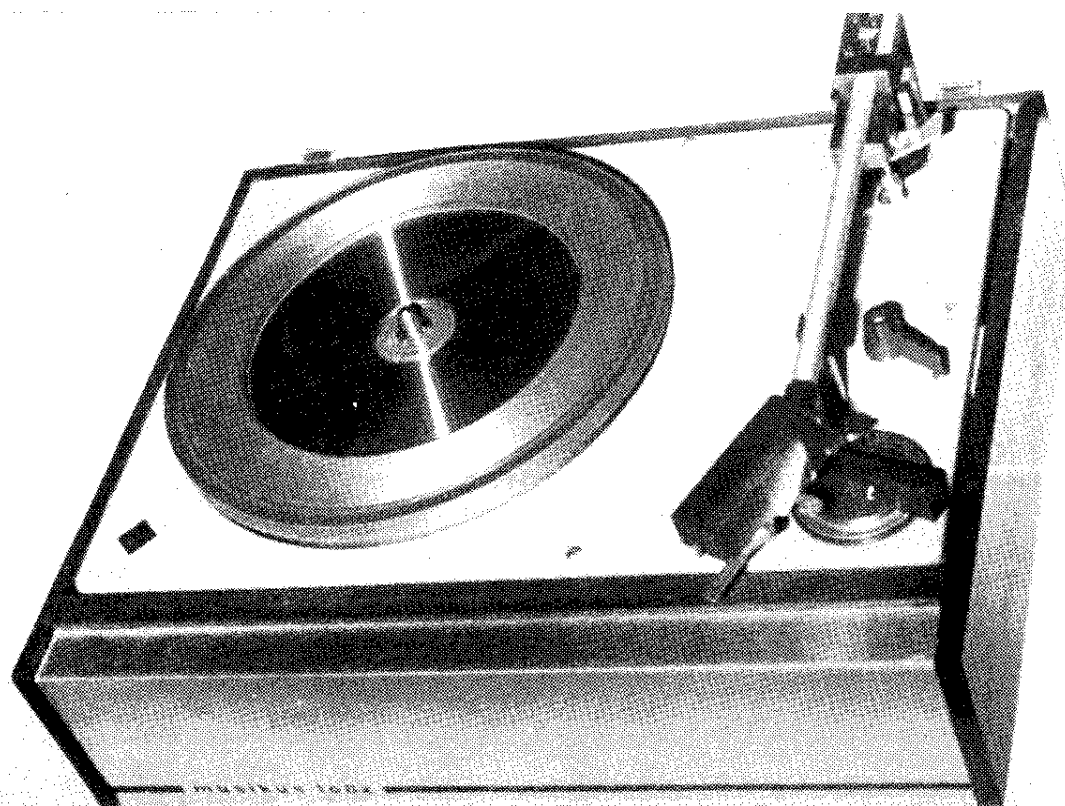
*Západoněmecký gramofon Mirastar S12BV s gramofonovým šasi Elac Miraphon 12B.
Je to monofonní gramofon se zesilovačem 1 W na provoz z baterií*



*Další ze série gramofonů Elac-Mirastar, jednoduchý stereofonní gramofon se zesilovačem
 $2 \times 3,5 \text{ W}$*



Dual HS31, čtyřrychlostní stereofonní gramofon se zesilovačem $2 \times 4\text{ W}$



Jakostní stereofonní gramofon Musikus 108z firmy Telefunken pro čtyři rychlosti



Čs. stereofonní gramofon Hi-Fi HC410, výrobek Tesly Litovel



Levný přenosný gramofon nejnižší cenové třídy, výrobek italské firmy Lesa